



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**KVALIFIKACE POSTUPŮ SVAŘOVÁNÍ KOBALTOVÝCH
A NEREZOVÝCH ŽÁRUVZDORNÝCH SLITIN**

QUALIFICATION OF WELDING PROCEDURE FOR COBALT PLUS HEAT-RESISTANT STAINLESS
STEEL ALLOYS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Teuer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marián Sigmund, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie

Student: **Tomáš Teuer**

Studijní program: Strojírenství

Studijní obor: Základy strojního inženýrství

Vedoucí práce: **Ing. Marián Sigmund, Ph.D.**

Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Kvalifikace postupů svařování kobaltových a nerezových žáruvzdorných slitin

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konkrétně se jedná o stanovení předvýrobního postupu svařování (pWPS) a následná kvalifikace postupu svařování (WPQR) u heterogenního svarového spoje kobaltové slitiny Stellite 6 a žáruvzdorné nerezavějící oceli X15CrNiSi25–20. Jelikož se jedná o netlakový svar (není nutná kvalifikace podle EN ISO 15614–1) je nutné stanovit požadavky na mechanické zkoušení a rozdíly pro potřeby kvalifikace podle EN ISO 15613.

Cíle bakalářské práce:

1. Zhodnotit současný stav svařování heterogenních svarových spojů kobaltových a nerezových slitin.
2. Vypracovat literární rešerši srovnání norem pro kvalifikace postupů svařování EN ISO 15614–1 a EN ISO 15613.
3. Vyhodnotit parametry a podmínky svařování v závislosti na možných mechanických zkouškách svarového spoje.
4. Navrhnout ideální podmínky pro certifikaci postupu svařování.
5. Provést a vyhodnotit stávající postup svařování a možné doplnění certifikace.

Seznam doporučené literatury:

DVOŘÁK, Milan. Technologie II. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7.

PILOUS, Václav. Materiály a jejich chování při svařování, 1 vyd. ŠKODA-WELDING, Plzeň, 2009

Materiály a jejich svařitelnost: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. 2., upr. vyd. Ostrava: ZEROSS, 2001. ISBN 80-85771-85-3.

Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN 80-85771-81-0.

MAJER, Lubomír. Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 1999. ISBN 80-85771-70-5.

BARTÁK, Jiří. Výroba a aplikované inženýrství ve svařování: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 2000. Svařování. ISBN 80-85771-72-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne 28.10.2017

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

TEUER Tomáš: Kvalifikace postupů svařování kobaltových a nerezových žáruvzdorných slitin

Tato práce se zabývá problematikou svařování heterogenních materiálů, konkrétně kobaltových a nerezových žáruvzdorných slitin metodou GTAW (WIG). Hlavním cílem je vypracovat předběžnou specifikaci postupu svařování pWPS pro konkrétní součást a její následnou kvalifikaci postupu svařování WPQR. Dále je pro tuto svařovanou součást potřeba stanovit požadavky na mechanické zkoušení a rozdíly pro potřeby kvalifikace dle EN ISO 15613.

Klíčová slova: svařování, GTAW, pWPS, WPQR

ABSTRACT

TEUER Tomas: Qualification of welding procedures for cobalt and refractory stainless steel alloys

This thesis deals with the welding of heterogeneous materials, namely cobalt and heat-resistant stainless steel alloys refractory GTAW (WIG). The main objective is to develop a preliminary specification of the pWPS welding procedure for a particular component and its subsequent qualification of the WPQR welding process. Furthermore it is necessary to set requirements of mechanical testing and differences for qualification requirements according to EN ISO 15613 for this welding component.

Keywords: welding, GTAW, pWPS, WPQR

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TEUER, Tomáš. *Kvalifikace postupů svařování kobaltových a nerezových žáruvzdorných slitin*. Brno, 2018, 35 s., 1 příloha, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav. Vedoucí práce Ing. Marián Sigmund, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Kvalifikace postupů svařování kobaltových a nerezových žáruvzdorných slitin** vypracoval samostatně na základě konzultací s vedoucím práce a za použití pramenů, které uvádím v přiloženém seznamu.

V Brně dne 30.4.2018

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou děkuji panu Ing. Mariánu Sigmundovi, Ph.D., vedoucímu bakalářské práce, za cenné rady a připomínky, které při zpracování bakalářské práce poskytl.

Dále děkuji panu Ing. Michalu Stáncovi za poskytnuté materiály pro vytvoření praktické části práce a p. Jakubovi Vontorovi za provedení penetrační zkoušky.

V neposlední řadě děkuji svým rodičům za podporu a zázemí, které mi po dobu studia věnovali.

OBSAH:

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	10
1 ROZBOR SOUČÁSTI	11
2 SVAŘOVÁNÍ HTEREOGENNÍCH MATERIÁLŮ METODOU GTAW	12
2.1 Zařízení a druhy svařovacích proudů	12
2.1.1 Sestava WIG pro svařování stejnosměrným proudem	12
2.1.2 Svařování stejnosměrným proudem	13
2.2 Svařovací hořáky s wolframovými elektrodami	13
2.3 Ochranné inertní plyny	16
2.3.1 Argon	16
2.3.2 Směsné plyny s argonem	16
2.4 Přídavné materiály	17
2.5 Teplotní cyklus svařování v TOO	18
2.6 Stanovení teploty přehřevu	19
2.7 Stanovení teploty interpass	19
2.8 Heterogenní slitiny a jejich svařitelnost	20
2.8.1 Kobaltové slitiny	20
2.8.2 Nerezové austenitické žáruvzdorné slitiny	21
3 KVALIFIKACE POSTUPU SVAŘOVÁNÍ.....	23
3.1 Kvalifikace na základě předvýrobní zkoušky svařování	23
3.2 Kvalifikace na základě zkoušky postupu svařování.....	23
3.2.1 Rozměry a svařování zkušebních vzorků	23
3.2.2 Zkoušení a kontrola.....	24
3.2.3 Odběr zkušebních vzorků	25
3.2.4 Nedestruktivní a destruktivní zkoušení.....	25
4 EXPERIMENT	26
4.1 Základní materiály	26
4.1.1 Ocel X15CrNiSi20-25	26

4.1.2 Slitina kobaltu Stellite 6.....	27
4.2 Volba přídavného materiálu.....	28
4.3 Příprava vzorků.....	28
4.4 Volba teploty předehřevu a interpass.....	29
4.5 Svařování vzorků.....	29
4.6 Vyhodnocení svařených vzorků.....	30
4.6.1 Vizualní a penetrační kontrola.....	30
4.6.2 Zkouška tvrdosti.....	31
4.6.3 Makroskopická kontrola.....	32
5 NÁVRH IDEÁLNÍCH PODMÍNEK.....	33
5.1 Návrh změny svařování.....	33
5.2 Návrh změny základního materiálu.....	33
5.3 Kvalifikace dle EN ISO 15613.....	34
6 ZÁVĚRY.....	35
Seznam použitých zdrojů	
Seznam použitých zkratk a symbolů	
Seznam obrázků	
Seznam tabulek	
Seznam příloh	

ÚVOD [1], [3], [20], [21]

Ve strojírenské technologii se vyskytuje mnoho různých způsobů spojení součástí, mezi které se řadí i svařování. Touto metodou vytváříme nerozebíratelné spojení dvou a více dílců za případného použití přídavného materiálu a působení tepla, resp. tlaku. Výchozím materiálem bývají hutní polotovary, popř. obrobky. Takto vzniklou součást nazýváme *svařenec*, resp. *svarky*, které ve většině případů putují k dalšímu zpracování, nejčastěji obrábění. Vyhотовené spoje musí mít požadované vlastnosti, především pevnost, které vyhovují podmínkám bezpečného provozu.

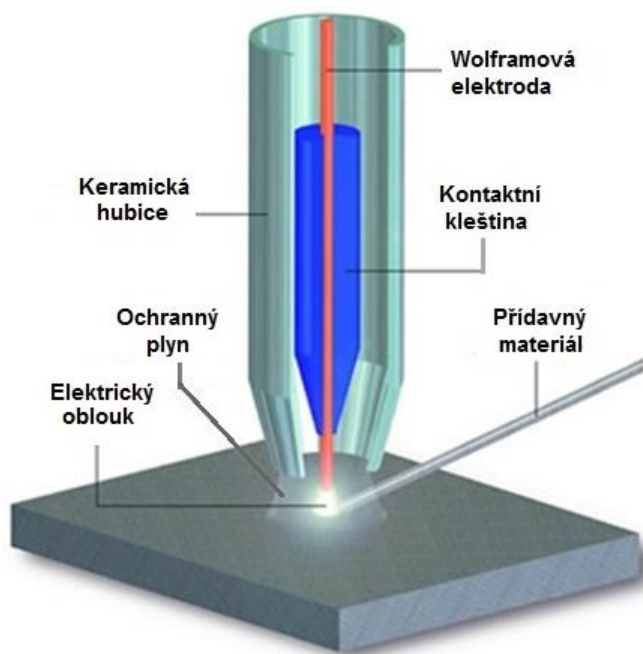
Svařování se používá téměř ve všech odvětvích strojírenství, ať už ve výrobě strojů malých či velkých rozměrů – zemědělské techniky, parních kotlů a reaktorů, mostů, lodí a zařízení, tak i při opravách. Největší rozvoj ve výrobě touto metodou byl v období válek, v době, kdy se do výzkumu a vývoje nových technologií vkládalo mnoho času a financí. Do dnešních dob prošlo modernizací většina způsobů svařování, především svařování plazmou, laserem a elektronovým paprskem. Díky těmto technologiím lze například svařovat heterogenní materiály s nebo bez přidávání materiálu. Nevýhodou stále zůstává vysoká pořizovací cena těchto zařízení.

Oproti tomu svařování metodou GTAW/141 má výrazně nižší pořizovací náklady, lze provádět i ručně, obdobně jako předchozí technologie mají svary malou TOO a svařování lze provádět ve všech polohách.

V následujících částech se zaměříme právě na použití metody GTAW při výrobě součástí z dvou heterogenních slitin ve firmě Seiko Flowcontrol spol. s r.o. Tato nadnárodní rakouská firma s pobočkou v Blatnici pod Svatým Antonínkem se zabývá výrobou průtokových prvků. Díky komplexní řadě sortimentu zahrnující nejrůznější průtokoměry, omezovací otvory, průtokové trysky, Venturiho trubice a podobně je schopna dodávat do všech odvětví průmyslu, převážně do ropného a chemického.



Obr. 1 Svařování netavící se elektrodou (GTAW) [20]



Obr. 2 Schéma svařování GTAW [21]

1 ROZBOR SOUČÁSTI

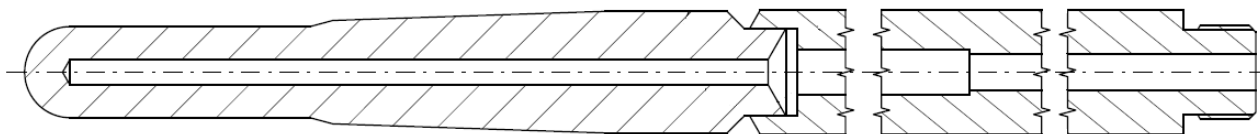
Součást pod obchodním názvem Thermowell, která bude v této práci rozebrána, slouží pro měření teploty plynného média, kapalného média či písku v potrubí armatur. Ta představuje na jednom konci uzavřenou trubici, která je svařena ze dvou různorodých slitin. V místech, kde je trubice v nepřetržitém styku s médiem, je použita kobaltová slitina pod obchodním názvem Stellite 6, k níž je přivařen dílec z nerezové žáruvzdorné chromniklové oceli X15CrNiSi20-25. Ten je rovněž válcový, ale již s průchozí dírou. Obě tyto součásti jsou konstrukčně upraveny a připraveny k technologii svařování „na zámek“ metodou GTAW po celém obvodu kolem dokola.

Právě tento vzniklý svar bude podroben mechanickým zkouškám, na jejichž základech bude vyhodnocena kvalifikace postupu svařování. Z těchto výsledků se budeme snažit navrhnout co nejideálnější podmínky pro certifikaci.

Upevnění svarku k armatuře je provedeno několika variantami, a to koutovým svarem přímo k armatuře, nebo ke vložce a následným přivařením vložky.



Obr. 3 Vzorek svařované součásti



Obr. 4 Detail svařované součásti

2 SVAŘOVÁNÍ HETEROGENNÍCH MATERIÁLŮ METODOU GTAW

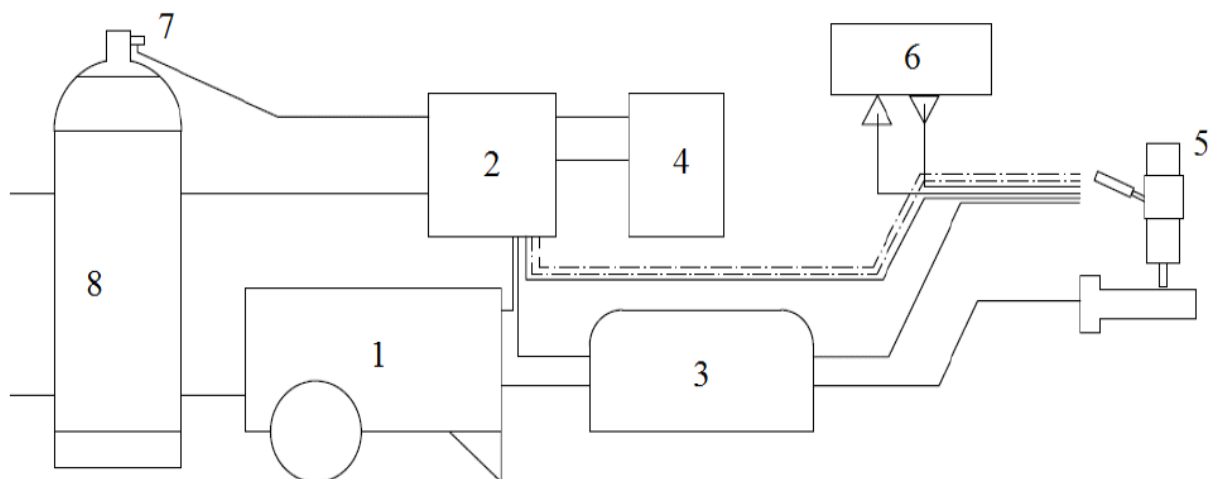
[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [14], [16], [22], [23], [24]

Obdobně, jako většina způsobů svařování, byla metoda WIG vynalezena v minulém století za cílem dosažení svařitelnosti hliníku, hořčíku, niklu a jejich slitin. Postupem času našla uplatnění u slitin železa, vysokolegované oceli a dalších materiálů. Elektrický oblouk, který je zdrojem tepla, hoří mezi netavící se wolframovou elektrodou a základním materiálem. Ten se vlivem vysoké teploty, vzniklé sloupcem plazmatu, nataví a po přidání přídavného materiálu vznikne svarová lázeň, která postupně tuhne a tvoří svarovou plochu. Oblast mezi lázní a wolframovou elektrodou je chráněna před okolní atmosférou inertním plynem o vysoké čistotě. Nejrozšířenějším je argon z důvodu vysoké stability, a poměrně nízké ceny, ale často používané je i helium, nebo směs helia a argonu.

2.1 Zařízení a druhy svařovacích proudů [1]

Sestava zařízení pro svařování WIG se dělí podle použitého proudu na dvě základní sestavy a to, pro svařování stejnosměrným proudem a svařování střídavým proudem. Správný výběr sestavy je vybrán podle svařovaných materiálů.

2.1.1 Sestava WIG pro svařování stejnosměrným proudem



Obr. 5 Základní sestava zařízení pro svařování WIG stejnosměrným proudem [1]

- | | |
|---------------------------------------|----------------------|
| 1. zdroj stejnosměrného proudu | 5. svařovací hořák |
| 2. řídicí jednotka svařovacího obvodu | 6. chladicí jednotka |
| 3. zapalovací jednotka | 7. redukční ventil |
| 4. programátor | 8. zásobník plynu |

Zdrojem stejnosměrného proudu je usměrňovač se síťovým transformátorem nebo invertor se strmou statickou charakteristikou obdobně jako zařízení pro ruční svařování obalenou elektrodou. Napětí naprázdno nepřesahuje 75 V.

Celý proces svařování je řízený tzv. řídicí jednotkou, která se stará o začátek a konec svařování, změny proudu na začátku a konci svařování.

Zapalovací jednotka slouží k bezproblémovému zapálení oblouku vlivem vysokofrekvenčního vysokonapětového ionizátoru. Při zapálení a oddálení elektrody se proud automaticky zvýší na požadovanou hodnotu.

K dalšímu řídicímu členu patří programátor napojený na řídicí jednotku, který dodržuje nastavení dalších úkonů spojených s plynulým chodem. Jedná se o předfuk a dofuk plynu, regulaci okruhu chladicí vody. Při mechanickém svařování řídí pohyb hořáku.

Chladicí jednotka sestávající se ze zásobníku vody, čerpadla, ventilátoru na chlazení vody a hadic zajišťuje oběh chladicí vody v celém systému.

Zásobník s ochranným plynem a redukčním ventilem trvale udržuje požadovaný tlak plynu s průtokem na výstupu. Tlakové láhve mívají objem 10, 40 nebo 50 l. Pro velké odběry se využívá zkapalněný plyn.

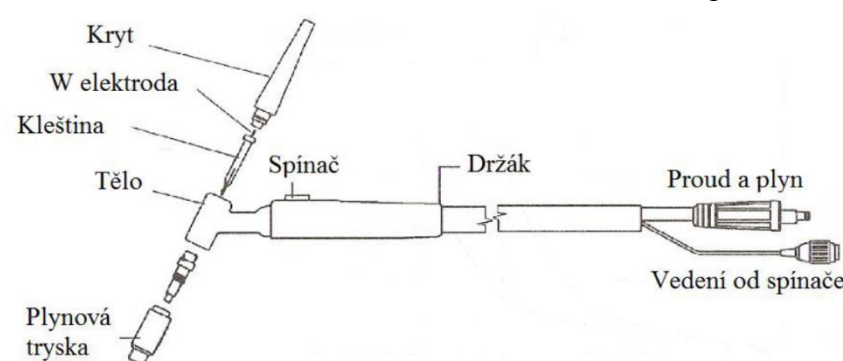
2.1.2 Svařování stejnosměrným proudem

Při svařování stejnosměrným proudem je elektroda připojena k zápornému pólu zdroje a svařovaný materiál k pólu kladnému. Toto zapojení se nazývá přímé a je bráno za základní způsob zapojení. Hlavní výhodou je, že elektroda není příliš teplotně namáhána, jelikož na ní připadá pouze 1/3 celkového tepla a zbylé 2/3 se přenáší do základního materiálu. Tím má naopak svarová lázeň lepší průvar do hloubky. Na tu má také ve výsledku vliv i dopad elektronů, které svou kinetickou energii mění v tepelnou.

Tento způsob je používán pro svařování všech typů ocelí, niklu, mědi, kobaltu a dalších slitin.

Dalšími druhy svařovacích proudů jsou impulsní a střídavý, které se používají převážně pro svařování hliníku z důvodu čistících účinků oxidu hlinitého, čili pro náš případ nevyužité.

2.2 Svařovací hořáky s wolframovými elektrodami

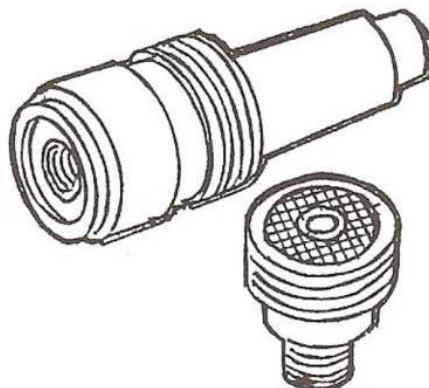
K držení elektrody, přívodu elektrického proudu a mnoho dalšího slouží právě svařovací hořák, který je velice namáhanou částí celého zařízení. K již zmíněným funkcím usměrňuje ochranný plyn, a přivádí a odvádí chladicí médium elektrody, obvykle vodu nebo vzduch. Podle toho se dělí hořáky do 150 A chlazené vzduchem, a do 350 až 500 A chlazené vodou především pro strojní svařování. Hořák se skládá z několika částí, které jsou vyměnitelné. Kleština zajišťující pevné upnutí wolframové elektrody a tím snížení přechodového odporu, je vtlačována do kuželového otvoru pomocí matice s krytem. 

Plynová tryska vyrobená z keramiky

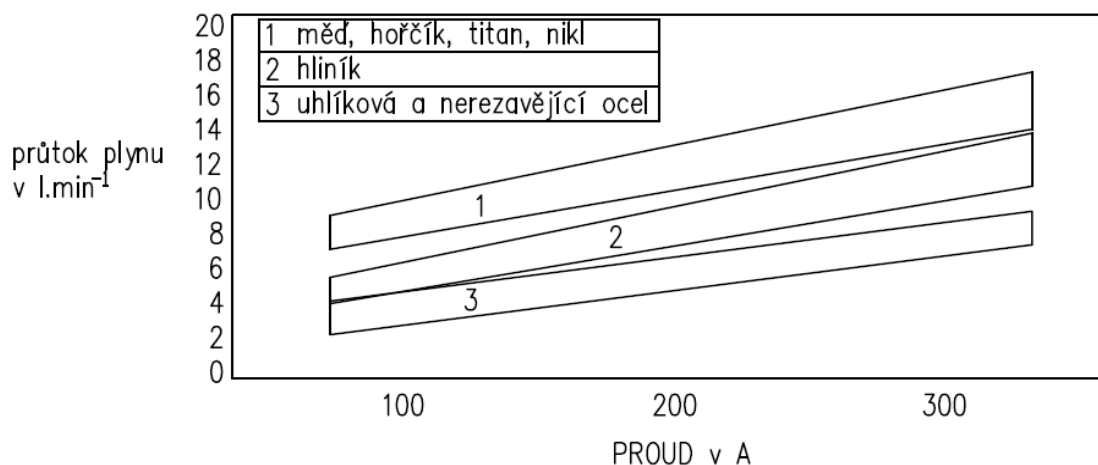
Obr. 6 Schéma svařovacího hořáku [1]

pro vzduchem chlazené hořáky, nebo z kovu pro vodní chlazení, je rovněž tepelně zatížená část, která usměrňuje proudění plynu do místa svarové lázně. Trysky jsou vyráběny v několika řadách podle průměru. Ten se volí na základě požadované plochy, která má být před okolním

vzduchem chráněna. Lze použít i plynové čočky pro zlepšení laminárního proudění. Tím se může wolframová elektroda více vysunout a usnadnit tak přístup k místu svařování. Funkce takovéto trysky může snížit množství použitého ochranného plynu až o 50 %, zároveň však musí plyn dokonale ochránit wolframovou elektrodu a svarovou lázeň proti účinkům vnější atmosféry. Pro správné seřízení dodávky množství ochranného plynu se používají trubkové průtokoměry s kuličkou. Optimální průtok je závislý na druhu svařovacího materiálu, typu ochranného plynu, velikosti svařovacího proudu, úhlu sklonu hořáku, velikosti plynové trysky, typu spoje a další.



Obr. 7 Plyné sítko [1]



Obr. 8 Závislost průtoku argonu na svařovacím proudu [1]

K dokonalému zapálení oblouku je svářecí zařízení vybaveno funkcí předfuk, kde si svářeč nastavuje prodlevu mezi dodávkou plynu a zahájením svařování. Ta je asi 2 až 5 sec. Naopak funkce dofuk zajistí proudění plynu po ukončení svařování. Svar i elektrodu je důležité ochladit na teplotu, kdy nedojde k oxidaci. Obvykle se nastavuje 5 až 10 sec po vypnutí proudu.

K sepnutí přívodu el. proudu je hořák vybaven spínačem. Moderní hořáky umožní nastavení svařovacího proudu v průběhu svařování a tím docílení lepší kvality svaru. Po spuštění a pro zahřátí základního materiálu se proud volí o něco vyšší.

Nejvíce namáhanou součástí je právě wolframová elektroda. Vyrábí se buď z čistého spěkaného wolframu o čistotě 99,9 % W, nebo legovaná oxidy kovů thoria, lanthanu, ceru, zirkonu nebo yttria. Důsledkem přidávání oxidů se snižuje teplota ohřevu elektrody, zvyšuje její životnost, zlepšuje se zapálení oblouku a jeho stabilizace. Každý z těchto oxidů má svou hodnotu výstupní práce při uvolnění elektronů. Čím menší hodnota, tím je větší emise elektronů. Samotné prvky nejsou příliš vhodné jako katodový materiál z důvodu mechanických vlastností, proto se přidávají ve formě oxidů do wolframových elektrod. Jejich vysoká teplota tavení podporuje celkovou životnost elektrody. Podle druhu proudu a použití se volí vhodný typ elektrody. Ty jsou normalizovány v ČSN EN 26 848 a náležitě označeny velkými písmeny a barvou viz tab. 1. Každá elektroda musí být na konci označena min. 3 mm pruhem příslušné barvy.

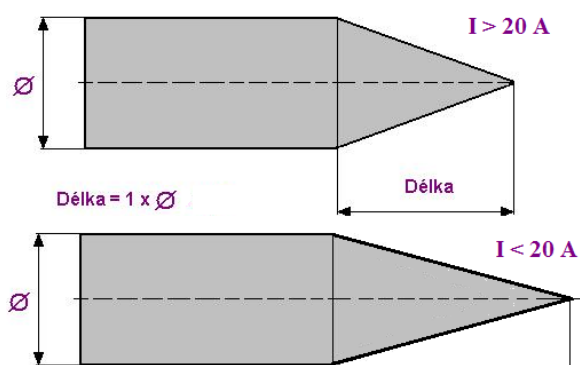
Tab. 1 Přehled vyráběných wolframových elektrod [1].

Označení	Hmotnostní procento oxidů	Barevné označení	Použití
WP		Zelená	Slitiny hliníku AC proudem
WT 10	ThO ₂ 0,9 – 1,2	Žlutá	Legované a nerezové oceli DC proudem
WT 20	ThO ₂ 1,8 – 2,2	Červená	
WT 30	ThO ₂ 2,8 – 3,2	Fialová	
WT 40	ThO ₂ 3,8 – 4,2	Oranžová	
WZ 8	ZrO ₂ 0,7 – 0,9	Bílá	Hliník AC proudem
WL 10	LaO ₂ 0,9 – 1,2	Červená	Universální pro AC i DC proud
WC 20	CeO ₂ 1,8 – 2,2	Šedá	Universální pro AC i DC proud
WL 20	La ₂ O ₃ 1,8 – 2,2	Modrá	Universální pro AC i DC proud
WS 2	Vzácné zeminy	Tyrkysová	Universální pro AC i DC proud
WLYC 10	La ₂ O ₃ + Y ₂ O ₃ + CeO ₂ 0,8 – 1,2	Zlatá	

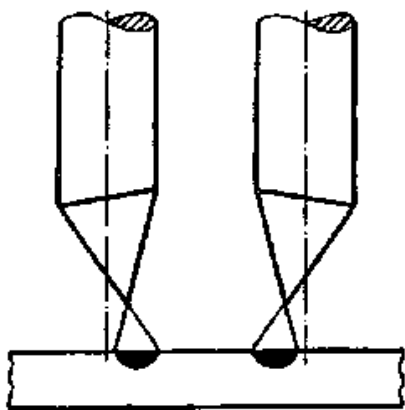
Označování elektrod má tyto zásady:

1. První písemné označení: W – značí základní prvek
2. Druhé písemné označení:
 - a) Přísada oxidů: T – oxid thorčitý, Z – oxid zirkoničitý, L – oxid lantaničitý, C – oxid ceričitý
 - b) Čistý wolfram: P
3. Číslice za písmenným označením: udává desetinásobek koncentrace oxidů

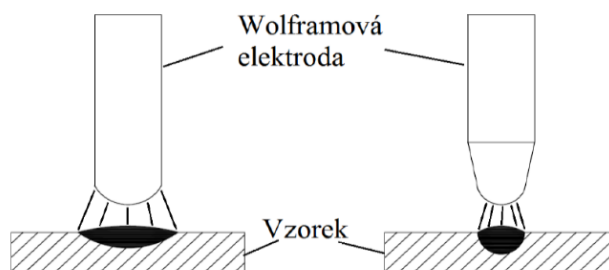
Jelikož se v průběhu svařování elektroda spotřebovává rychlostí asi 4 mm za hodinu, je třeba funkční konec brousit do požadovaného tvaru. Ten podstatně ovlivňuje celý postup svařování a kvalitu svaru. Pro stejnosměrný proud je tvar kužele s vrcholovým úhlem závislým na svařovacím proudu. Podstatný je i směr broušení elektrody, a excentricita. Příčně nabroušená elektroda způsobuje nestabilní oblouk a možnost vylamování kousků wolframu, které následně ovlivní svarovou lázeň. Proto je nutné brousit elektrodu podélně. Při vyosení špičky nástroje je energie elektronů směřována na jiné než požadované místo. Vlivy excentricity a vrcholového úhlu jsou znázorněny na obr.



Obr. 9 Velikost vrcholového úhlu elektrod pro rozdílné zdroje [1]



Obr. 10 Vliv excentricity [1]



Obr. 11 Vliv úhlu broušení na hloubku závaru [1]

2.3 Ochranné inertní plyny

Proti účinkům okolního vzduchu, především oxidaci a naplynění, je elektroda a svarová lázeň chráněna ochranným plynem, který současně podporuje zapálení a stabilizaci oblouku, přenos tepla do svaru i jeho stabilizaci. Směs plynu je na bázi čistého argonu, nebo argonu a helia. Průtok ochranného plynu se volí obvykle 10 až 20 l/min. Je-li průtok nižší, hrozí kontaminace svarové lázně okolním vzduchem a podobně, je-li průtok vyšší, vzniká podtlak, který nasává ke směsi argonu i vzduch z okolního prostředí. Chemické účinky a dopad na výsledný svar jsou při použití inertních plynů takřka nulové. Se svarovou lázní nereagují, propal prvků je minimální, a proto neovlivňují výsledné složení.

2.3.1 Argon

Argon je jednoatomový, bezbarvý plyn, těžší než vzduch. Je bezbarvý a bez chuti a zápachu. Stejně jako ostatní vzácné plyny se vyznačuje netečností a nevytváří chemické sloučeniny s žádným dalším prvkem. Výroba argonu se provádí destilací vzduchu po odstranění kyslíku a dusíku, kde teplota varu argonu je 185,8 °C. Vzhledem k jeho špatné tepelné vodivosti a nízkému ionizačnímu potenciálu se oblouk v argonu dobře zapaluje a je velice stabilní. Hluboký a relativně úzký závar ve tvaru I je charakteristickým rysem použití argonu.

Hustota je asi 1,4x vyšší než vzduch, což přispívá k lepším ochranným schopnostem zvláště při svařování v PA poloze

Běžně k dostání je argon s čistotou 99,996 % označovaný Ar 4.6. Ovšem materiály vysoce reaktivní s kyslíkem potřebují čistotu argonu až 99,999 % označovanou Ar 5.0. Platí to např. pro tantal, titan, zirkon, molybden.

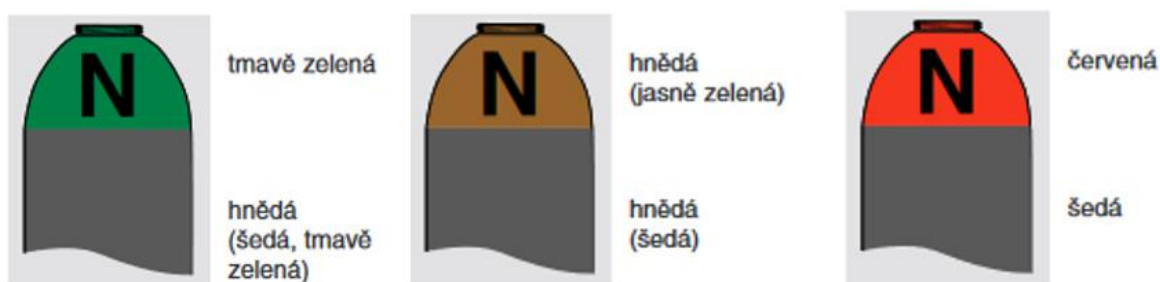


Obr. 12 Tvar svaru při použití čistého argonu [22]

2.3.2 Směsné plyny s argonem

Pro zlepšení vodivosti oblouku, hloubky závaru a jiných aspektů se používají směsi argonu a jiných plynů.

- **Směs argonu a vodíku:** použití směsi je omezeno pouze pro austenitické a austeniticko-feritické CrNi oceli, nebo niklové slitiny. Vodík zvyšuje teplotu oblouku a tím zvyšuje tekutost lázně, průvar a snížení svarové housenky. Zlepšuje se také čistota povrchu svaru díky dezoxidaci a rychlost svařování o 30 až 50 %. Nelze použít pro feritické a martenzitické oceli, jelikož způsobuje trhliny za studena, a u hliníkových a měděných slitin pórovitost svaru.
- **Směs argonu a helia:** Helium je stejně jako argon inertní plyn. Použití je omezeno především na nekovové materiály, především hliník a měď. Oproti argonu má vysokou tepelnou vodivost a ionizační potenciál. Helium vytváří široký profil závaru, vnáší do svaru vyšší teplotu než čistý argon a zlepšuje smáčivost na krajích housenky. Při použití jsou doporučovány vyšší průtoky plynu, jelikož je helium lehčí než vzduch.



Obr. 13 Označování láhví dle ČSN EN 1089-3. Zleva: argon, helium, argon/vodík [23]

2.4 Přídavné materiály

Použití přídavného materiálu při svařování metodou WIG plní více funkcí najednou. Především jde o doplnění objemové mezery svarového kovu a vytvoření požadovaného tvaru. S určitými chemickými vlastnostmi materiálu se svarový kov leguje přísadami pro zlepšení užitných vlastností. Zároveň se do kovu dostávají i přísady pro zajištění desoxidace a odplynění. Celkově zlepšuje formování svaru a smáčení svarových ploch, což je výhodné při svařování v různých polohách.



Obr. 14 Přídavný materiál ve formě drátů [24]

Materiály jsou komerčně dodávány ve tvaru tyček pro ruční svařování a ve formě drátů pro svařování strojní.

Dráty kruhového průřezu jsou navinuté na cívku. Vyrábí se standardně v průměrech 0,8, 1,0, 1,2 a 1,6 mm z různých materiálů.

Svařovací tyčky mají rovněž kruhový průřez s dostatečnou tuhostí. Jelikož není potřeba je mít navinuté na cívku, jejich průměr je daleko vyšší, a to standardně 1,0, 1,2, 1,6, 2,0, 2,4, 3,2, 4,0 mm s délkou 1000 mm. Tyče mohou být plné, nebo plněné legujícími prvky.

2.5 Teplotní cyklus svařování v TOO

Vlivem zdroje tepla při svařování dojde k lokálnímu nahřátí materiálu na vysokou teplotu. Pro zajištění dostatečné velikosti natavení se zavádí pojem vnesené teplo, které určuje množství dodaného tepla na jednotku délky svaru. V důsledku vodivosti kovu se však ohřívá i okolní oblast základního materiálu. Je zapotřebí eliminovat teplotu v základním materiálu jež způsobuje fázové přeměny, fyzikálně chemické reakce, změny struktury a objemu v oblasti spoje. To vede k vzniku napětí a trvalé deformaci svaru.

Množství specifického vneseného tepla se stanoví z rovnice:

$$Q_s = \frac{U \cdot I}{10^3 \cdot v} \cdot \eta \text{ [kJ} \cdot \text{mm}^{-1}]$$

Q_s .. specifické vnesené teplo [kJ.mm⁻¹],

η tepelná účinnost přenosu tepla [-],

U ... svařovací napětí [V],

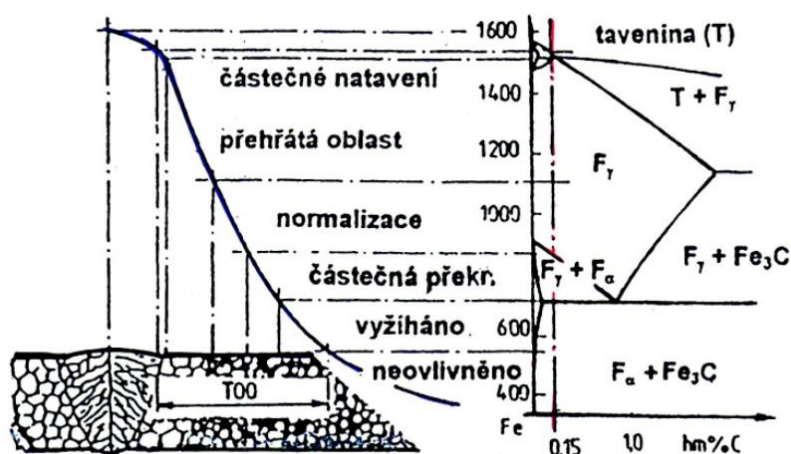
I svařovací proud [I],

v rychlost svařování [mm.s⁻¹]. (2.5)

Pozn.: pro metodu GTAW je tepelná účinnost η v rozmezí 0,48 až 0,65.

Teplo se šíří materiálem určitou rychlostí v závislosti na čase. Tuto změnu udává teplotní cyklus svařování. Je vždy charakterizována pro určitý zvolený bod, především v teplem ovlivněné oblasti. Díky znalosti o průběhu teplotních změn je možné hodnotit čas ohřevu na maximální teplotu, maximální teplotu cyklu T_{\max} , dobu výdrže na dané teplotě a rychlost ochlazování.

V místech, kde dochází k těmto změnám, dostáváme teplem ovlivněnou oblast (TOO). U kovů a slitin bez polymorfní přeměny (Cu, Ni, Al) nedochází k výrazným strukturním změnám jako u kovů polymorfních. Vlivem těchto změn se mění vlastnosti svarových kovů. Charakteristická pásma TOO můžeme vidět na obr. 15.



Obr. 15 Teplotní účinky svařování na strukturu svarového spoje [1]

1. Oblast částečného natavení je oblast přechodu ze svarového kovu do TOO.

2. V přehřáté oblasti s teplotami nad A_3 dochází k intenzivnímu růstu primárních zrn.

3. Část normalizace s úplnou transformací $\alpha \rightarrow \gamma \rightarrow \alpha$.

4. Oblast s neúplnou polymorfní přeměnou mezi teplotami A_1 a A_3 .

5. Změny tuhého roztoku Fe_α pod teplotou A_1 .

Pro různé technologie svařování se šířka TOO liší. Pro technologii ROS je šířka TOO nad A_1 3 až 8 mm, nad A_3 0,3 až 1 mm a přehřátá oblast 0,1 až 0,3 mm. Účinkem v teplem ovlivněné oblasti u svařování legovaných a zušlechťených ocelí je především pokles pevnosti.

Doporučenou eliminací je snížením použitého příkonu. Tím se zmenší šířka popouštěné oblasti. Průběh tvrdosti napříč touto oblastí je nerovnoměrný. Je zde razantní navýšení tvrdosti v oblasti nad teplotou přehřátí, kde dochází k růstu zrn závislém na chemickém složení oceli.

2.6 Stanovení teploty předehřevu

Při svařování uhlíkových ocelí hraje důležitou roli rychlost ochlazování TOO, která vzniká při dodání měrného tepelného příkonu. Proto je pro u těchto ocelí důležité eliminovat rychlost ochlazování použitím předehřevu. Nejčastějším způsobem pro výpočet předehřevu je výpočet dle Séferiána:

$$T_p = 350 \cdot \sqrt{C_p - 0,25} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2.6.1)$$

kde T_p je teplota předehřevu

$$C_p = C_c + C_s \quad (2.6.2)$$

$$C_c = \frac{360 \cdot C + 40 \cdot (Mn + Cr) + 20 \cdot Ni + 28 \cdot Mo}{360} \quad (2.6.3)$$

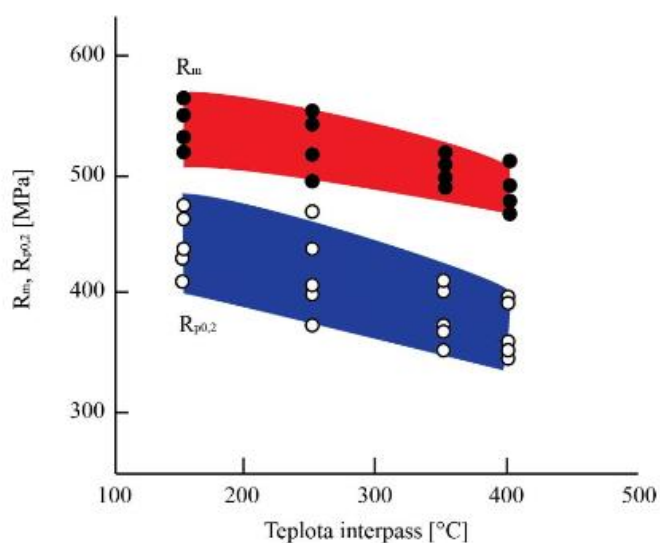
$$C_s = 0,005 \cdot s \cdot C_c \quad (2.6.4)$$

kde s prezentuje tloušťku plechu v mm.

Použití tohoto výpočtu pro předehřev je určen především pro uhlíkové oceli s obsahem $C > 0,10$ hm. %.

2.7 Stanovení teploty interpass

Interpass, nebo také mezihousesková teplota je teplota svarového kovu těsně před započatím svařování další vrstvy u vícevrstvého svařování. Interpass teplota se obvykle volí přibližně jako teplota předehřevu. Avšak, neměla by ji překročit o více jak 100°C . S příliš vysokou teplotou interpass hrozí u uhlíkových feritických ocelí pokles meze kluzu i meze pevnosti. U austenitických ocelí dochází ke snížení antikoročních vlastností. Při samotném svařování je důležité dbát na hodnotu vneseného tepla a hodnotu maximální teploty interpass.



Obr. 16 Vliv teploty interpass na mechanické vlastnosti kovu [14]

2.8 Heterogenní slitiny a jejich svařitelnost

Každá slitina má jinou teplotu tavení, jiné vlastnosti, ať už mechanické či fyzikální, a jinou strukturu. Při svařování materiálů rozdílného chemického složení dochází k znehodnocení materiálů vlivem přechodu materiálu do svarového kovu, který má jiné chemické složení a tím i jiné mechanické vlastnosti. V důsledku tepelného zpracování, nebo dlouhodobého působení teplot vyšších než 350 °C, dochází mezi materiály a svarem k difuzi, především uhlíku. To vede k oduhličení a nauhličení pásem, které se projeví snížením životnosti a bezpečnosti svarového spoje. Je tedy zapotřebí použít metodu svařování s nízkým vneseným teplem, aby nedocházelo k nalegování kovů. I přesto dojde k porušení svarového spoje v důsledku rozdílných součinitelů tepelné roztažnosti materiálu. Porušení se projeví na rozhraní nauhličené a oduhličené oblasti. Je zde na místě i správná volba přídavného materiálu pro svařování rozdílných strukturních fází a to tak, aby přechodová oblast mezi nauhličeným a oduhličeným pásmem byla potlačena na minimum. Čili, aby gradient koncentrace uhlíku na rozhraní materiálu byl co nejnižší. Šířka takto ovlivněného pásma se počítá ze vzorce:

$$x = 2\sqrt{(D_{Cef} \cdot \tau)} \text{ [cm]} \quad (2.8)$$

kde D_{Cef} je koeficient difúze uhlíku [$\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]

τ – čas [s]

2.8.1 Kobaltové slitiny

Kobaltové slitiny jsou využívány hlavně v prostředích s vysokými teplotami díky svým dobrým korozním a vysokoteplotním creepovým vlastnostem. Jsou vyráběny přidáním prvku wolframu do Co-Cr matrice. Tyto vzniklé tvrdé slitiny kobaltu se nazývají stelity. Takto vzniklé slitiny jsou velmi obtížně obrobitelné. Vyrábějí se především odléváním nebo svařováním. Přidáním chromu se zvyšuje odolnost proti korozi. Dalšími významnými prvky, jež slitina disponuje, je uhlík, který je základní stavební prvek pro tvorbu karbidu. Používají se především pro součásti strojů a obráběcích nástrojů. Přesnější složení viz tab. 2.

Tab. 2 Chemické složení (hm. %) a fyzikální vlastnosti STELLITE 6 [10].

Co	Cr	W	C	Ostatní	Tvrdost	Hustota	Teplota tav.
Základ	27-32	4-6	0.9-1.4	Ni, Fe, Si, Mn, Mo	36-45 HRC	8440 kg/m^3	1285 - 1410°C

Co do svařitelnosti je samotný kobalt dobře svařitelný. Ovšem, u kobaltových slitin svařitelnost v zásadě ovlivňují legury, převážně uhlík a křemík, které zvětšují teplotní interval tuhnutí slitin. Největší vliv na svařitelnost kobaltových slitin má měď, a to i ve stopovém množství či pouhé kontaminaci (např. použití měděné podložky). Při svařování kobaltových slitin není potřeba materiál předehřívat a po ukončení tepelně zpracovávat.

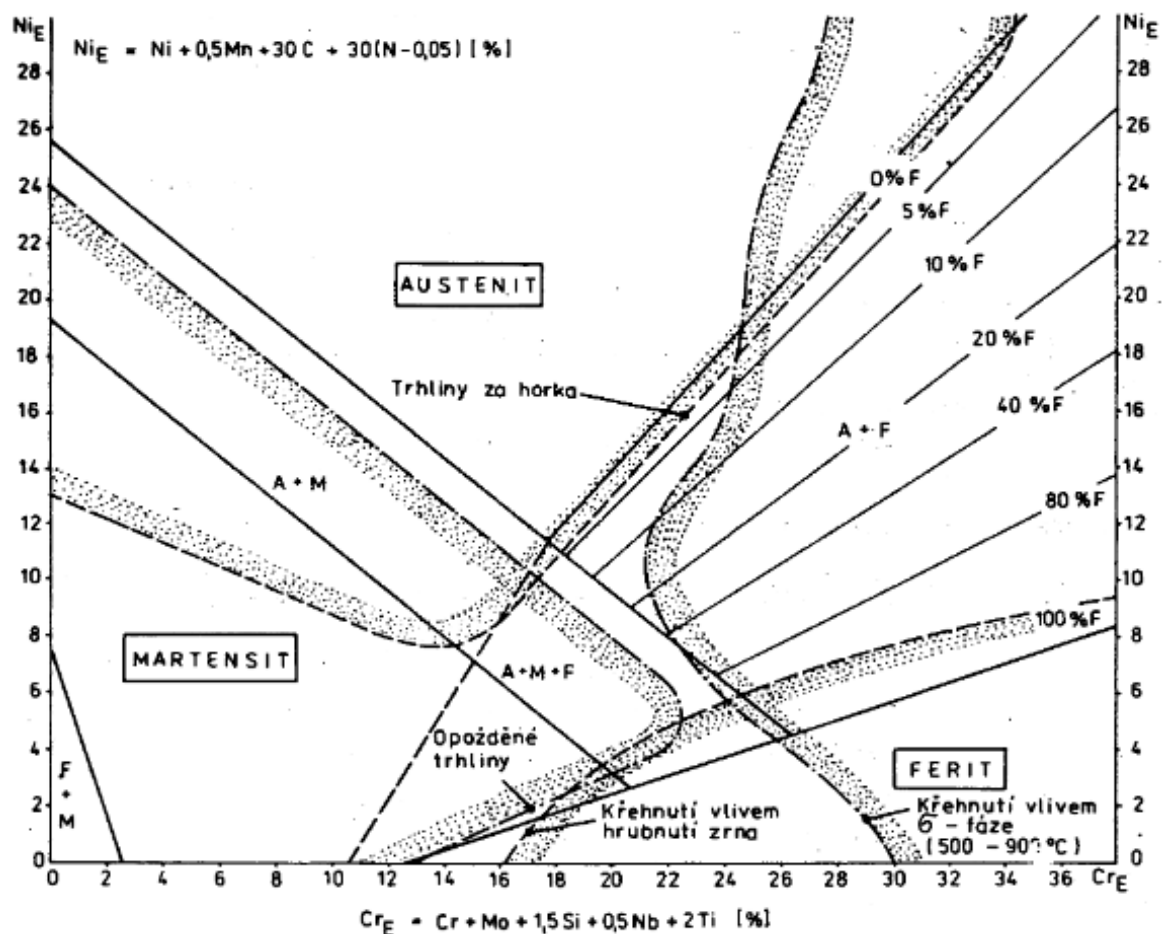
2.8.2 Nerezové austenitické žáruvzdorné slitiny

Žáruvzdornost u ocelí je schopnost odolávat vysokým teplotám (až 1200 °C podle typu oceli). Je to dáno vrstvou oxidů chromu, které vytvoří souvislou vrstvu na povrchu a znemožní tím další pronikání oxidů do hloubky součástí. Aby byla tato pasivní vrstva účinná, musí mít ocel složení min. 13 až 15 hm. %. Tyto žáruvzdorné oceli mají feritickou strukturu, nebo austenitickou. Pro zvýšení žáruvzdornosti se někdy přidává i křemík (max. 2 hm. %). Ke svařování se používají oceli tepelně zpracované rozpouštěcím žiháním (1050 °C s prudkým ochlazením). Jelikož mají austenitické oceli větší roztažnost než oceli feritické, projeví se to při svařování vznikem větších deformací. Důležitým faktorem pro snížení náchylnosti k tvorbě trhlin je obsah δ -feritu. Ve svarových kovech bývá 2 až 6 hm. %. Je zde eliminován především fosfor, který se v δ -feritu rozpustí. Rozpustnost je asi desetkrát vyšší než v austenitu.

Nepříznivá je i náchylnost na mezikrystalovou korozi v pásmu zcitlivění, které se pohybuje mezi 425 až 815 °C. U svařování difunduje potřebný uhlík, který je základem pro tvorbu karbidů, mnohem rychleji k hranicím zrn než chrom. Vyloučením karbidů klesne obsah chromu v povrchové vrstvě na hranici zrna tím přestává být tato vrstva schopna pasivace a podléhá rychlé korozi v případě, že klesl obsah chromu pod 12 hm. %. Eliminace spočívá v přidání silně karbidotvorných prvků (Nb; Ta; Ti; V). Uhlík je tak přednostně vázán k nim, a zamezuje se tvorba nežádoucích karbidů chromu, které mají za následek ochuzení chromu v matici. Pro stabilizaci oceli je nutné dodržet poměr obsahu uhlíku:

$$\frac{Nb}{C} \geq 8 \qquad \frac{Ti}{C} \geq 8 \qquad \frac{Nb+Ta}{C} \geq 8 \qquad \frac{Ta}{C} \geq 16$$

Chromové oceli jsou obvykle samokalitelné. Chrom výrazně mění kritickou rychlost ochlazování, což má za následek vznik martenzitu. Proto i při ochlazování na vzduchu vzniká u chromových ocelí martenzitická struktura. Přidáním niklu do chromových ocelí se zvýší korozní odolnost a houževnatost oceli. Je to dáno vznikem austenitické struktury. Výsledná struktura kovu je kombinací feritotvorných a austenitotvorných prvků. Tyto vlivy jsou vyjádřeny tzv. ekvivalentem chromu Cr_e , popřípadě ekvivalentem Niklu Ni_e . Na těchto základech byly zkonstruovány diagramy, které rozděluje oceli dle složení na výslednou strukturu. Tento diagram se nazývá Schaefflerův. Viz obr. 17.



Obr. 17 Schaefflerův diagram [1]

Tab. 3 Chemické složení chromniklové oceli X15CrNiSi20-25 (v hm. %) [11].

C	Cr	Ni	Mn	Si	N	P	S
Max 0,2	24-26	19-22	Max 2	1,5-2,5	0,11	0,045	0,015

Dle složení obsahu jednotlivých legujících prvků se svařitelnost ocelí zlepšuje či zhoršuje. Pro zaručenou svařitelnost je potřeba mít v materiálu požadovaný podíl jednotlivých prvků.

- Křemík je silně feritotvorný, dezoxidační prvek. Za pokojových teplot je jeho rozpustnost v Fe_α až 14 %, přičemž s rostoucí teplotou se tato rozpustnost zvyšuje. Netvoří karbidy a je zcela rozpuštěn ve feritu, čímž zvyšuje pevnost.
- Mangan patří do austenitotvorných prvků. Za použití manganu se zvyšuje mez kluzu i pevnosti, aniž by se snížila plasticita. Používá se pro svou nízkou cenu a dostupnost a pro svou dezoxidační funkci, kdy váže na sebe síru. Má ale malou difúzní rychlost.
- Fosfor se řadí mezi škodlivé prvky. I přes to že zvyšuje mez kluzu i pevnost na úkor snížení plasticity, způsobuje zkřehnutí za studena, a proto se jeho výskyt omezuje na co nejnižší hodnotu. Zvyšuje odolnost proti atmosférické korozi.
- Nikl zvyšuje prokalitelnost a plasticitu. V CrNi ocelích zajišťuje austenitickou strukturu.

3 KVALIFIKACE POSTUPU SVAŘOVÁNÍ [17], [18]

Kvalifikace postupu svařování je zásadní pro svařování součástí malých, i velkých konstrukčních dílců ve firmách. Provádí se na základě požadavku výrobních norem, norem požadavků na jakost a kontrolu. Použití kvalifikovaných postupů svařování je mnohočetné a platí pro nosné i těsnostní svarové spoje, pro spoje staticky, dynamicky i termodynamicky namáhané. Zkoušky se provádí pro všechny procesy svařování, mezi něž patří ruční, mechanizované, automatizované i robotizované. Platnost specifikace je i pro všechny metody svařování, od svařování obloukového, přes plamenové svařování až po svařování laserem. Před započítáním svařování je musí výrobce připravit předběžnou specifikaci, na jejíž základě bude svar zhotoven. Oblast této předvýrobní specifikace je široká, a vyžaduje znalosti z procesu technologie svařování. Sestavení postupu svařování je nutné, avšak nedává žádnou záruku o kvalitě provedení svaru. Některé odchylky a vady mohou být odkryty až při následném nedestruktivním zkoušení na finálním výrobku.

Z toho důvodu se provádí samotná kvalifikace pověřeným zkušebním orgánem, jež má za následek zjištění vad a nedostatků ve svarech. Tyto kvalifikace lze udělit na základě několika variant.

3.1 Kvalifikace na základě předvýrobní zkoušky svařování

Jednou z možností, jak provést kvalifikaci postupu svařování je na základě předvýrobní zkoušky svařování podle ČSN EN ISO 15613. Předběžná specifikace pro tuto normu musí být zhotovená dle EN ISO 15609-1 nebo EN ISO 15609-2. Samotný vzorek musí reprezentovat skutečné podmínky svařované konstrukce, například polohu při svařování, tepelné vlivy, svarové hrany a mezery, stehové svary a dále. Po svaření součásti nastává samotné zkoušení podle příslušné části prEN ISO 15614. Pro tavné svařování je nezbytné provést alespoň následující zkoušky:

- vizuální kontrolu (100%)
- kontrolu povrchových trhlin a makrostruktury (u nemagnetických materiálu pouze zkoušku penetrační)
- zkoušky tvrdosti (s výjimkou feritických ocelí s $R_m < 420$ MPa nebo $R_e < 275$ MPa a ocelí skupiny 8 nebo u slitin hliníku skupiny 21 a 22)
- zkouška makrostruktury (počet záležitostí na geometrii konstrukce).

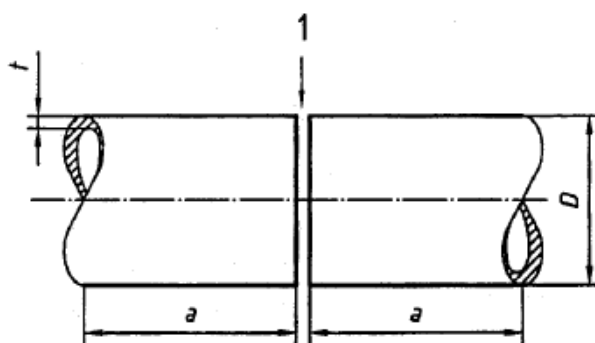
Závěrem je proveden rozsah kvalifikace odpovídající normě EN ISO 15614.

3.2 Kvalifikace na základě zkoušky postupu svařování

Další kvalifikaci postupu svařování je na základě zkoušky postupu svařování pro oceli ČSN EN ISO 15614-1. Předběžná specifikace pro tuto normu musí být připravena dle EN ISO 15609-1 nebo 15609-2. Svarový spoj musí být realizován na normalizovaném zkušebním kuse. Pokud má součást jiný než normalizovaný geometrický tvar v normě 15614, musí být požadována norma EN ISO 15613.

3.2.1 Rozměry a svařování zkušebních vzorků

Pro zkoušení materiálu dle této normy musí být vyroben dostačující počet zkušebních vzorků. Pokud to lze, je možné vyrobít jen jeden kus a z něj odebrat určité části ke zkoušce. Tloušťka stěny plechu či trubek musí být konstantní. Tvary zkušebního vzorku jsou následující:



Legenda

- 1 Příprava spoje a sestavení podle podrobností uvedených v předběžné specifikaci postupu svařování (pWPS)
- a minimální hodnota 150 mm
- D vnější průměr trubky
- t tloušťka materiálu

Obr. 18 Zkušební kus pro tupý spoj na trubce [18]

Příprava a samotné svařování vzorku probíhá na základě specifikace postupu svařování. Svařování a zkoušení musí být osvědčeno zkušebním orgánem s jistou kvalifikací.

3.2.2 Zkoušení a kontrola

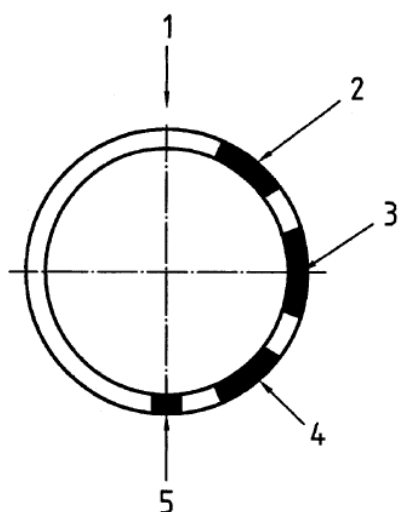
Zkoušení zahrnuje nedestruktivní (NDT) a destruktivní část. Ty musí vyhovovat požadavkům v tab. 4.

Tab. 4 Požadavky na zkušební vzorek [18].

Zkušební kus	Druh zkoušky	Rozsah zkoušení	Poznámka
Tupý spoj s plným průvarem (obr. 19)	Vizuální kontrola	100 %	
	Ultrazvuková zkouška	100 %	nemusí být použito pro $t < 8$ mm
	Zkouška na povrchové trhliny	100 %	kapilární nebo magnetická zkouška
	Příčná zkouška tahem	2 vzorky	
	Příčná zkouška lámavosti	4 vzorky	
	Zkouška rázem v ohybu	2 sady	
	Zkouška tvrdosti	požadováno	není požadována pro materiál sk. 8, 41, 48
	Kontrola makrostruktury	1 vzorek	

3.2.3 Odběr zkušebních vzorků

Zkušební vzorky musí být odebrány pro všechny ND zkoušky, které vyhověli použitou NDT metodou.



- 1 - vrcholový bod pro nastavení trubky
- 2 – vzorek pro zkoušku tahem, a zkoušku lámavosti
- 3 – vzorek pro zkoušku rázem v ohybu
- 4 – vzorek pro zkoušku tahem a zkoušku lámavosti
- 5 – vzorek pro zkoušku tvrdosti a kontrolu makrostruktury

Obr. 19 Umístění zkušebních vzorků pro tupý spoj na trubce [18]

3.2.4 Nedestruktivní a destruktivní zkoušení

Nedestruktivní zkoušení musí být provedeno dle tab.3 na zkušebním vzorku po jeho finálním tepelném zpracování (jeli provedeno) a před rozřezáním na jednotlivé zkušební části.

Destruktivní zkoušení musí být taktéž v souladu s tab. 3

Makroskopická kontrola je provedena naleptáním na jedné straně zkušebního vzorku tak, aby byla jasně patrná hranice natavení a kladení housenek. Naleptat se musí i základní materiál v tepelně neovlivněném místě. Závěrem zkoušky je pořízení minimálně 1 snímku.

Zkoušení tvrdosti podle HV 10 je provedeno napříč svarovým kovem, TOO a základním materiálem. Pro materiály s tloušťkou ≤ 5 mm se měří tvrdost jen v jedné řadě maximálně však 2 mm pod povrchem svarového spoje. Pro $t \geq 5$ mm se provedou dvě řady měření, obě v maximální hloubce 2 mm pod horním a spodním povrchem svarového spoje. Každá řada musí mít minimálně 3 vtisky v každé oblasti. V TOO pokud je možné, je první vtisk zhotoven u hranice natavení. Výsledky zkoušek tvrdosti musí vyhovovat požadavkům pro daný typ oceli.

Závěrem je postup svařování kvalifikován, jsou-li vady ve zkušebním kusu v rozmezí stupně jakosti B podle ČSN EN ISO 5817 s výjimkou převýšení svaru či kořene. Nesplňuje-li součást jednu z výše uvedených kritérií, musí být provedena zkouška nová.

Protokol o kvalifikaci postupu svařování (WPQR) je přehled výsledků hodnocení. Pokud nebyly nalezeny žádné nepřipustné hodnoty či výsledky zkoušek, pak je postup kvalifikován zkušebním orgánem a datován.

4 EXPERIMENT [13], [19], [25], [26]

V této části práce je proveden experimentální svar na zkušebním vzorku dle předvýrobní specifikace postupu svařování v poloze PA metodou WIG. Součást je svařena ze dvou heterogenních materiálů s rozlišnými mechanickými, chemickými i fyzikálními vlastnostmi. Po zhotovení svarového spoje následovala nedestruktivní zkouška, která měla za cíl zjistit nedokonalosti svaru, především defekty typu trhlin, pórů a vměstků. Dále se provedla zkouška tvrdosti dle Vickerse a zkouška makrostruktury.

Na základě předchozí teoretické části bude cílem porovnat praktické hodnoty s hodnotami teoretickými a provést jejich korekci.

4.1 Základní materiály

Pro začátek byla provedena volba základního materiálu. Materiál byl volen na základě požadavků a zkušeností firmy Seiko Flowcontrol spol. s r.o, kde hlavním požadavkem byla odolnost proti mechanickému poškození za vysokých teplot a korozivzdornost. Jelikož se jako nejvhodnější materiál jevil STELLITE 6, což je kobaltová slitina, bylo potřeba původně jednoduchou součást upravit a vyrobit ji svařováním ze dvou různých materiálů. Důvodem je vysoká cena kobaltové slitiny. V místě, kde již materiál není příliš teplotně ani mechanicky namáhán byl nahrazen částí s korozivzdornou ocelí X15CrNiSi20-25. Oba tyto materiály splňují požadavky pro svařitelnost, a jejich použití se jevílo jako nejvhodnější.

4.1.1 Ocel X15CrNiSi20-25

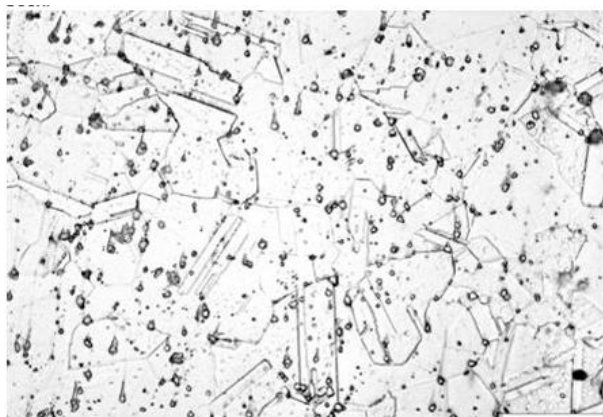
Ocel X15CrNiSi20-25 je austenitická chromniklová žáruvzdorná ocel používaná pro tepelně namáhané součásti. Je zde zaručena svařitelnost, avšak je hůře obrobitelná. Při dlouhodobém vystavení při teplotě 600 až 900 °C dochází ke zkřehnutí vlivem vzniku fáze δ . Přesné chemické složení a mechanické vlastnosti použité oceli jsou v tabulce 5 a 6.

Tab. 5 Konkrétní chemické složení (hm. %) oceli X15CrNiSi20-25 [19].

C	Si	Mn	Ni	Cr	S	F
0,03	2,1	1,5	20,5	24,4	0,001	0,023

Tab. 6 Mechanické vlastnosti oceli X15CrNiSi20-25 [19].

Materiál			X15CrNiSi20-25
Mez kluzu	R _{p 0,2}	MPa	270
Mez kluzu	R _{p 1}	MPa	310
Mez pevnosti	R _m	MPa	570
Tažnost	A	%	56
Tvrdość		HV	163



Obr. 20 Mikrostruktura oceli X15CrNiSi20-25 [11]

Vyznačuje se lepší stálostí v korozivzdorném prostředí než feritické chromniklové oceli. Je dobře tvářitelná za tepla i studena, a lze ji použít i pro vysoce tepelně i mechanicky namáhané součásti, jako jsou rošty v průmyslových pecích, pouzdra termočlánků v parních kotlích a obdobně.

Žárovzdorné austenitické oceli jsou dodávány v tepelně upraveném stavu, to je po rozpouštěcím žíhání. Po svařování se tyto oceli dále již tepelně nezpracovávají.

Náchylnost k praskání a vzniku trhlin za horka u těchto ocelí lze zjistit ze vzorce:

$$\Delta H = -700 \cdot C + 17 \cdot Cr - 37 \cdot Ni + 29 \cdot Mo + 188 \quad [-] \quad (4.1)$$

Jeli $\Delta H \leq 100$, je s vysokou pravděpodobností ocel náchylná k tvorbě trhlin za horka.

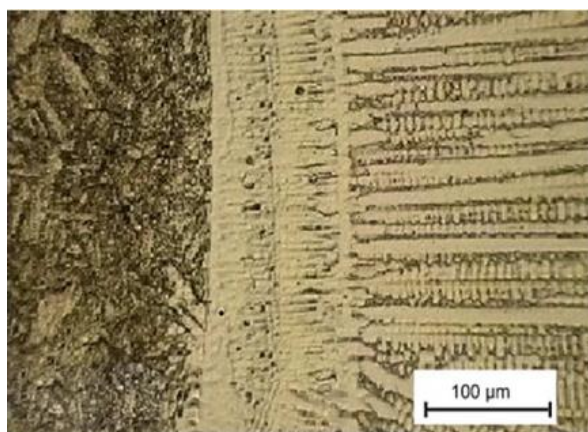
Vypočteme tedy vztah pro tuto náchylnost:

$$\Delta H = -700 \cdot 0,03 + 17 \cdot 24,4 - 37 \cdot 20,5 + 29 \cdot 0 + 188 = -176 \leq 100$$

kde zjistíme, že ocel je náchylná k praskání za horka.

4.1.2 Slitina kobaltu Stellite 6

Slitina Stellite 6 je chrom-kobaltová slitina složená z komplexních karbidů, odolná vůči opotřebení, mechanickému poškození a chemické korozi i při velmi vysokých teplotách. Byla vynalezena Elwoodem Haynessem v roce 1907. Výborně odolává i nárazům a erozní kavitaci. Za tyto všestranné vlastnosti vděčí CoCr matrici. Jelikož se jedná o poměrně drahou slitinu, používá se vzácně. Využívá se především při svařování ventilů a výfukových potrubí. Chemické složení a fyzikální vlastnosti jsou uvedeny v následujících tabulkách 7 a 8.



Obr. 21 Mikrostruktura Stellite 6 [12]

Tab. 7 Chemické složení slitiny Stellite 6 (hm. %) [19].

C	Cr	Si	W	Fe	Co	Ni	Mn	Mo	P	S
0,99	29,47	0,59	3,55	1,27	zbytek	2,76	1,21	1,35	< 0,01	< 0,002

Tab. 8 Mechanické vlastnosti slitiny Stellite 6 při pokojové teplotě [10].

Materiál			Stellite 6
Mez kluzu	Rp 0,2	MPa	750
Mez pevnosti	Rm	MPa	1260
Tažnost	A	%	3 až 5
Tvrdoost		HV	380 až 490

4.2 Volba přídavného materiálu

Jako přídavný materiál byla zvolena chromniklová slitina s označením NiCr20Mn3Nb s obsahem niklu větší než 70 %. Používá se pro svařování niklových slitin, žáruvzdorných ocelí odolných proti tečení, nízkolegovaných ocelí a ocelí rozdílných složení, vysoce legovaných slitin typu Cr, CrNi. Dále je vhodná pro svařování feriticko-austenitický ocelí s provozními teplotami nad 300 °C, například pro tlakové nádoby až do teplot 1200 °C.

Chromniklový přídavný materiál není náchylný ke zkřehnutí. Difuze uhlíku při zvýšených teplotách je z větší části potlačena. Odolává teplotním rázům, je korozivzdorný a má nízký koeficient tepelné roztažnosti.

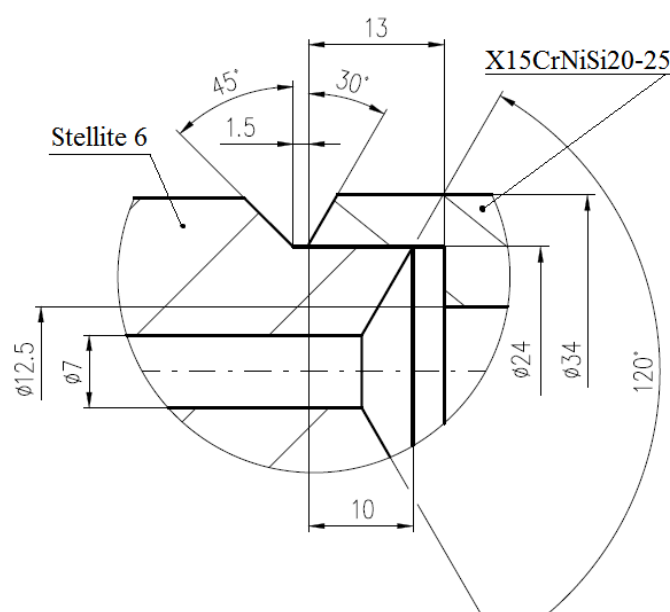
Slitina je určena pro svařování DC proudem. Ochranný plyn tvoří čistý argon, nebo směs argonu s héliem. Takto lze svařovat ve všech polohách. Dodáván je v délkách jednoho metru s průměry 1,6 mm a 2,4 mm Chemické složení a mechanické vlastnosti přídavného materiálu jsou uvedeny v tab. 9.

Tab. 9 Chemické složení [%] a mechanické vlastnosti [MPa] slitiny NiCr20Mn3Nb [19].

Chemické složení [hm. %]											Mechanické vlastnosti [MPa]	
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Ti	Nb	Fe	Rp _{0,2}	Rm
0,02	<0,1	3,2	0,002	0,001	20,6	73,1	<0,1	0,3	2,4	0,2	>400	>620

4.3 Příprava vzorků

Před samotným svařováním byla provedena nezbytná úprava polotovarů. Součásti byly vysoustruženy dle předvýrobního výkresu a specifikace pro další svařování „na zámek“. Tento způsob se používá u válcových nádob a jednostranných svarových spojů. Je zde podmínkou, aby hloubka protavení zámku nepřesáhla polovinu jeho tloušťky. Mezera pro kořen svaru má velikost 1,5 mm. Celá součást byla upevněna do přípravku pro svařování.



Obr. 22 Rozměry obrobených kusů

4.4 Volba teploty předehřevu a interpass

Při svařování austenitických korozivzdorných ocelí není doporučeno používat předehřev, protože dodaným teplem vzrůstá nebezpečí deformací, praskání za tepla, zcitlivění a precipitace intermetalické fáze.

Z tohoto důvodu byla nejprve navržnuta teplota interpass pro korozivzdornou austenitickou ocel 400 °C. Od této teploty byla odvozena teplota předehřevu, která je o 100 °C nižší. Tedy:

$$T_p = 400\text{ °C} - 100\text{ °C} = 300\text{ °C}. \quad (4.4)$$

Tato teplota předehřevu vyhovuje i teplotě předehřevu Stellite, což je dokázáno i ve výsledcích WPQR.

4.5 Svařování vzorků

Po dostatečné úpravě byly svařeny dva zkušební vzorky. Svarové housenky se kladly v šesti vrstvách o celkové výšce 5,5 mm. Svařování se provádělo ručně v poloze PA, při kterém byl otáčen svařence. Parametry svařování jednotlivých vzorků jsou uvedeny v tab. 10 a tab. 11.

Tab. 10 Parametry svařování vzorku č. 1 [19].

Housenka	Průměr přídavného materiálu	Předehřev [°C]	Interpass [°C]	Napětí [V]	Průtok plynu [l/min]	Rychlost svařování [cm/min]	Vnesené teplo [kJ/cm]
1	1,6	329	-	9,4-13,1	10,9	9,2	4,6-6,9
2	2,4	-	338	9,6-13,4	11,1	7,9	5,8-8,1
3	1,6	-	386	10,8-13,8	11,1	10,5	4,9-6,3
4	2,4	-	371	11-14,1	11,1	9,5	5,6-7,1
5	2,4	-	388	11,3-13,9	11,1	9,4	5,8-7,1
6	1,6	-	374	10,9-13,7	11,1	9,0	5,8-7,3

Tab. 11 Parametry svařování vzorku č. 2 [19].

Housenka	Přídavný materiál	Předehřev [°C]	Interpass [°C]	Napětí [V]	Průtok plynu [l/min]	Rychlost svařování [cm/min]	Vnesené teplo [kJ/cm]
1	1,6	304	-	9,2-12,6	10,9	9,5	4,6-6,4
2	2,4	-	353	9,2-13,1	11,1	7,1	6,2-8,8
3	2,4	-	354	9,8-13,8	11,1	9,6	4,8-6,9
4	2,4	-	372	11,1-13,8	11,1	9,7	5,5-6,9
5	2,4	-	389	11,1-13,4	11,1	10,4	5,1-6,2
6	1,6	-	400	10,9-14,1	11,1	9,3	5,7-7,3

Po svaření byly oba vzorky zabaleny do izolační vlny a pomalu ochlazovány. Následovalo hodnocení vzorků dle normy ČSN EN ISO 15613, vizuální kontrola a zkouška mechanických vlastností svaru

4.6 Vyhodnocení svařených vzorků

Na samotný závěr proběhlo hodnocení svarů. Byly provedeny nedestruktivní zkoušky a jedna zkouška destruktivní na měření tvrdosti v souladu s EN ISO 15613.

4.6.1 Vizuální a penetrační kontrola

Vizuální zkouška spočívá v pozorování svaru povrchem oka, kde se vyloučí patrné defekty. Při správném osvětlení můžeme pozorovat několik vad. Nesprávně položený svar, nepravidelnost šířky svaru, podélné a příčné trhliny, rozstřík, krátery, převýšení svarové housenky a podobně. Obvykle se při posuzování používá lupa a měrky svarů. Svar lze také kontrolovat technickými přístroji, jako je kamera. Pokud nejsou objeveny žádné vady, uvede se do protokolu jednoduchý zápis o úspěšnosti kontroly. Vzorek byl vizuálně zkoušen dle normy EN ISO 5817 v třídě kvality B, a penetračně zkoušen dle EN ISO 23277 ve stupni přípustnosti 1.

Tab. 12 Výsledek nedestruktivních zkoušek obou vzorků [19].

	vzorek č. 1	Vzorek č. 2
Vizuální zkouška	Úspěšná	Úspěšná
Kapilární zkouška	Úspěšná	Úspěšná



Obr. 23 Penetrační zkouška svaru

Výsledek nedestruktivních zkoušek pro obě součásti byl uspokojivý bez viditelných vad viz příloha.

4.6.2 Zkouška tvrdosti

Jedná se o základní destruktivní zkoušku svarového spoje. Zkouška tvrdosti se provádí na základním materiálu i svarovém kovu v celé TOO. Účelem je zjištění nejvyšší a nejnižší tvrdosti. Tvrdost je definována jako odpor materiálu proti vnikání cizích těles. Tyto zkoušky se dělí podle způsobu zatěžování na zkoušky dynamické a statické a podle typu deformace zkoušeného povrchu na elastické a plastické.

Tab. 13 Typy zkoušek tvrdosti [13].

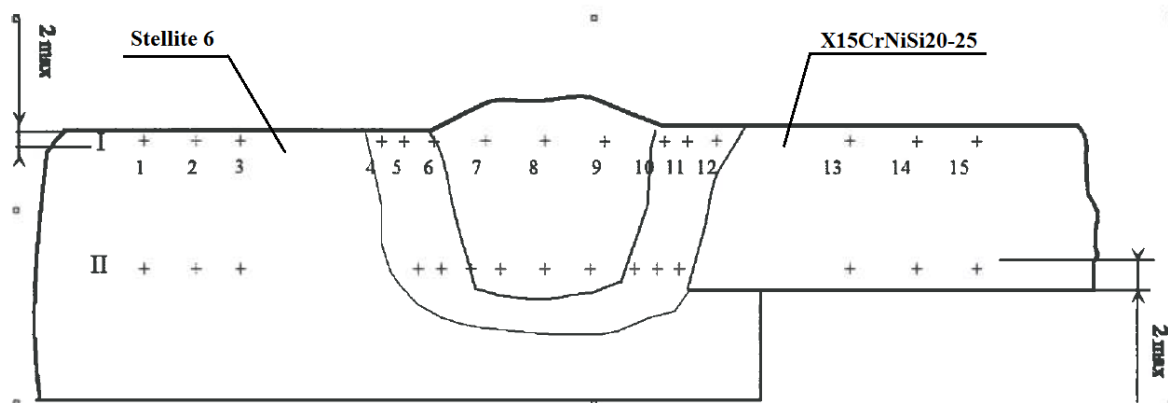
Staticko-plastické	Dynamicko-plastické	Dynamicko-elastické
Brinell (HB)	Poldi kladívko	Shoreho skleroskop
Vickers (HV)	Baumannovo kladívko	Duroskop
Rockwell (HRA, HRB, HRC)		

Pro měření tvrdosti je vzorek rozřezán kolmě na osu svarového kovu. Musí však zahrnovat základní kov, svarový kov a TOO. Posléze je vybroušen na požadovanou drsnost. Na takto připraveném povrchu je měřena tvrdost.

V našem případě byla tvrdost měřena podle Vickerse (HV 10), kde vtlačujeme do materiálu diamantový pravidelný čtyřboký jehlan. Měření na svaru jsou v souladu s normou ČSN EN ISO 15614-1. Hodnoty byly následně zapsány do tabulky 14.

Tab. 14 Průběh tvrdosti HV 10 [19].

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	442	450	446	421	390	360	254	233	223	189	170	168	183	180	181
II	450	446	448	460	433	429	339	297	287	185	191	197	172	171	172



Obr. 24 Průběh tvrdosti svarovým spojem [19]

Z tabulky je patrné, že tvrdost slitiny Stellite 6 je tím menší, čím je blíže u svarového spoje. Naopak je tomu u oceli X15CrNiSi20-25, kde tvrdost směrem k svarovému spoji roste. To je dáno rozdílnou tvrdostí základních a přídavných materiálů uvedených v tab. 15.

Tab. 15 Tvrdosti základních a přídatného materiálu.

	Stellite 6	X15CrNiSi20-25	NiCr20Mn3Nb
Tvrdost (HV)	490	163	Neuvádí se

4.6.3 Makroskopická kontrola

Provádí se vizuálně za případného použití lupy či optického mikroskopu do 50x zvětšení. Zkušební vzorek je odebrán rozřezáním příčně na osu svaru. Musí zahrnovat svarový kov, základní materiál i TOO. Po vybroušení, vyleštění a případném naleptání je svarový spoj zkontrolován a zdokumentován alespoň jedním snímkem. Hodnotí se zde převýšení svaru a kořene, póry, trhliny, neprovaření kořene, vruby v kořeni a strmost přechodu svaru. Výsledky jsou zapsány do protokolu.

Makroskopická kontrola v našem případě byla provedena pouze u jednoho vzorku s úspěšným výsledkem. Konkrétní hodnoty naměřených vad jsou zapsány v tabulce 16.

Tab. 16 Makrostruktura svarového spoje [19].

Název vady	Naměřená hodnota
Trhlina	0,0 mm
Povrchový pór	0,0 mm
Studený spoj	0,0 mm
Neprovařený kořen	0,0 mm
Souvislý a nesouvislý zápal	0,0 mm
Nadměrné převýšení svaru	1,9 mm
Strmý přechod svaru	150° 165°



Obr. 25 Detail svarového kovu [19]

5 NÁVRH IDEÁLNÍCH PODMÍNEK

Každý kvalifikovaný svar má určité nedostatky ve formě vměstků, hrubých zrn, pórů a podobně. Tyto vady vznikají za nepříznivých podmínek při svařování. Hlavním kritériem k vytvoření kvalitního svaru je správná volba přídavného materiálu a ochranného plynu. Obecně lze však říci, že kvalita závisí na všech možných podmínkách. Vždy se však snažíme vytvořit ty nejpříznivější podmínky.

5.1 Návrh podmínek svařování

Celý svar, jak již bylo zmíněno, byl proveden ručním svařováním metodou GTAW. Při ručním svařování dochází k nerovnoměrnému kladení housenek vlivem zručnosti a zkušenosti konkrétního svářeče. Možností odstranění této chyby je použití přípravků k rovnému vedení, nebo použití automatizovaných pracovišť. Jelikož se jedná o kusovou výrobu součástí, tato možnost byla zamítnuta z finančních důvodů.

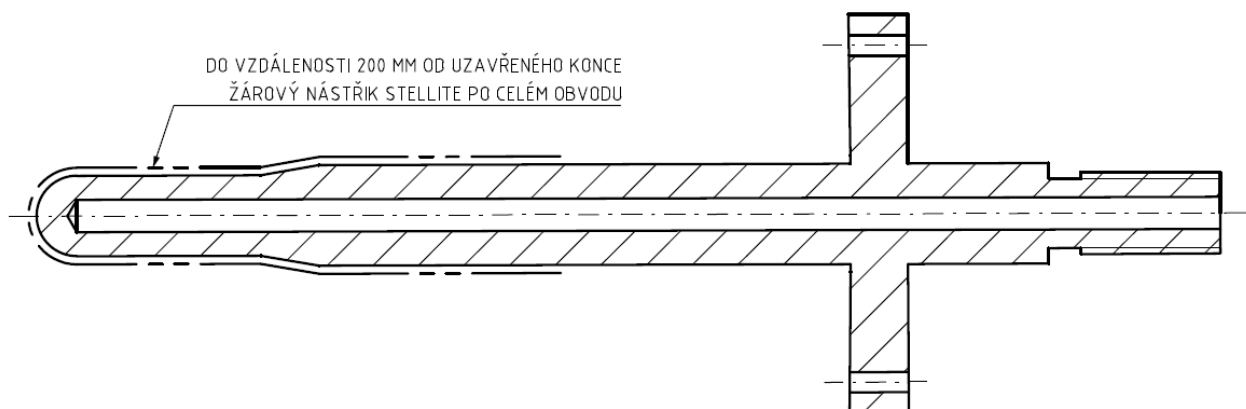
Dalším návrhem pro zlepšení je použití ochranného plynu ve formě argon-helium. Směs těchto plynů je však až dvojnásobně dražší oproti použití čistého argonu. Navíc, kvalita svaru by se nejspíše příliš nezměnila.

Možností třetí je změna wolframové elektrody. Místo původní wolframové elektrody s přísadou CeO_2 byla uvažována elektroda s přísadou ThO_2 určena pro svařování nerezových a vysoce legovaných ocelí. Ovšem, tato elektroda se používá výhradně pro automatizované svařování.

Všechny tyto návrhy byly pouze teoretické a v praktické části k nim nedošlo.

5.2 Návrh pokovení materiálu

Navržení změny materiálu s sebou přináší další výhody i nevýhody. Jelikož je součást neustále vystavena vysokým teplotám a abrazivnímu opotřebení, je obtížné najít náhradu za materiál Stellite. Tyto slitiny však nabízí možnost navařování na základní materiál. Tím by byla dosažena úspora materiálu, který je cenově drahý. Odpadlo by zde i svařování dvou heterogenních materiálů a obtížné obrábění této slitiny. Nanášení Stellite na povrch součástí je realizován buď navařováním nebo žárovým nástřikem. Součást by tedy byla vyrobena z jednoho, popřípadě dvou dílců, s následným žárovým nástřikem Stellite.

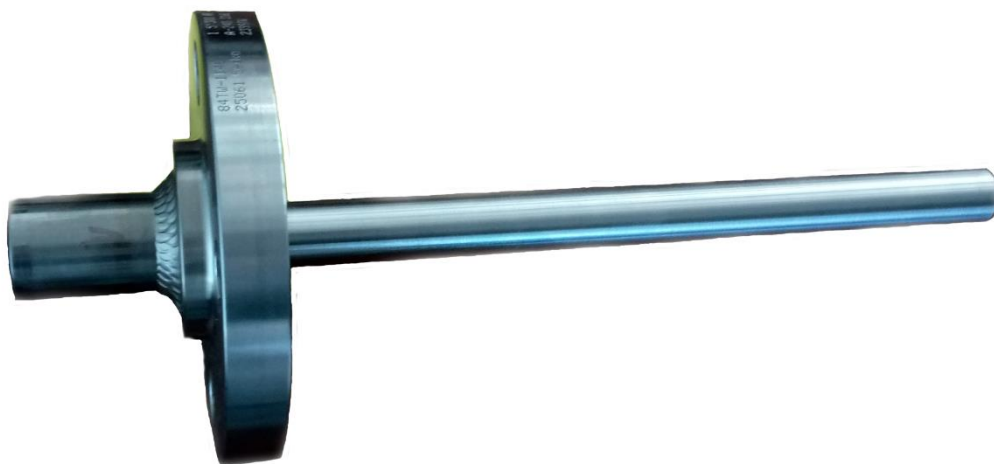


Obr. 26 Návrh povlakování součásti

5.3 Kvalifikace dle EN ISO 15613

Při návrhu svařování byla vybrána kvalifikace dle EN ISO 15613. Hlavním důvodem upřednostnění této normy byla absence destruktivních zkoušek. Ty se provádějí u tlakově namáhaných spojů, což v tomto případě není. Výsledek tahové, rázové i ohybové zkoušky svaru, které jsou podle EN ISO 15614-1 nezbytné ke kvalifikaci, by byl negativní. Příčinou jsou mechanické vlastnosti materiálu Stellite, který je velice tvrdý ale zároveň křehký.

Všechny zmíněné návrhy jsou čistě teoretické a poskytl je svářecí technolog pan Ing. Stánek.



Obr. 27 Finální výrobek Thermowell

6 ZÁVĚRY

Bakalářská práce je zaměřena na kvalifikaci postupu svařování kobaltové slitiny a nerezové žáruvzdorné oceli, což je svařování dvou heterogenních materiálů. Vlastnosti obou materiálů, jejich svařitelnost a svařování metodou GTAW jsou popsány v teoretické části práce. Byl zde proveden důkladný popis této metody, přídavných materiálů, ochranných plynů a dalších náležitostí potřebných k praktické části práce, jako je stanovení teploty přehřevu a interpassu. Teoretickou část uzavírá literární rešerše kvalifikace postupu svařování na základě předvýrobní zkoušky svařování a na základě zkoušky postupu svařování, dle kterých je následující experiment posuzován.

Před samotným svařováním byla navržena specifikace postupu svařování svářecím technologem z firmy Seiko Flowcontrol spol. s r.o., která obsahuje přesný postup svařování. V praktické části byl pak na základě tohoto postupu svar realizován pomocí metody GTAW. Základní materiály těchto svarů tvoří kobaltová slitina Stellite a nerezová žáruvzdorná ocel X15CrNiSi20-25. Jako přídavný materiál byla zvolena chromniklová slitina NiCr20Mn3Nb, která byla dodána ve formě drátů o průměrech 1,6 a 2,4 mm.

Nejprve byly oba kusy přehřáty na teplotu přehřevu, a následně svařeny šesti jednotlivými housenkami kladených přes sebe. Parametry svařování byly zapsány do tabulky.

Po svaření byl jeden ze vzorků rozřezán a druhý ponechán v celku. Proběhly nutné zkoušky pro kvalifikaci podle normy EN ISO 15613. Tedy zkouška penetrační a vizuální na neporušeném vzorku a zkouška tvrdosti a makrostruktury na vzorku rozřezaném. Všechny zkoušky dopadly úspěšně bez jakýchkoliv viditelných vad svaru.

Závěrem následovalo navržení možných ideálních podmínek, které mají za cíl zlepšení svaru. Vzhledem k nulovým vadám ve svaru jsou tyto návrhy spíše jen a pouze teoretické a nejsou podloženy žádným experimentem. Proto postup svařování součásti Thermowell je i nadále ponechán na prvotní specifikaci.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [15]

1. AMBROŽ, Oldřich, Bohumil KANDUS a Jaroslav KUBÍČEK. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 2001, 395 s. Svařování. ISBN 80-857-7181-0.
2. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 238 s. ISBN 80-214-2683-7.
3. *Přehled svařování* [online]. In: . s. 39 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/svarovani/UT_01_Prehled_svarovani_T08.pdf
4. *TIG svařování II - AC nebo DC?* [online]. 2009 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocianku=2008122801>
5. NĚMEC, Josef. *Svařování korozivzdorných a žárovzdorných ocelí*. 2. přeprac. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1975, 165 s.
6. KOLEKTIV, autorů. *Materiály a jejich svařitelnost: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: ZEROSS, 1999. ISBN 80-857-7163-2.
7. HÁJEK, Jaroslav. *Technické plyny pro svařování a dělení materiálů* [online]. **2004**(5) [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/technicke-plyny-pro-svarovani-a-deleni-materialu.html>
8. KUBÍČEK, Jaroslav. *Technologie II: Základní metody tavného svařování* [online]. VUT Brno [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/5te_technologie_2_svarovani_tavne_kubicek.pdf
9. Austenitické vysokolegované žáruvzdorné ocel. *Svařování kovů v praxi: část 5, díl 2, kap. 7* [online]. 2011 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: https://www.dashofer.cz/download/pdf/svk/svk_ukazka1.pdf
10. *Stellite 6 alloy* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://static1.squarespace.com/static/56e079802fe131546a70830d/t/577aa957d2b85735f832e0cd/1467656536896/Deloro+MDS+Stellite6+rev00.pdf>
11. *Chemické složení 1.4841* [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <https://www.totalmateria.com/Demo.aspx?id=ChemCrtDemo&LN=CZ&id1=390277&id2=725>
12. SCIENCEDIRECT. *Microstructure and wear behavior of stellite 6 cladding on 17-4 PH stainless steel* [online]. In: . 2016 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092583881100291X>
13. *Zkoušky tvrdosti* [online]. Brno, 2013 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: http://www.sssebrno.cz/files/ovmt/zkousky_tvrlosti.pdf
14. OCHODEK, Vladislav. *Vliv teplotního režimu svařování na vlastnosti svarových spojů - I.* [online]. VŠB TU Ostrava, 2011 [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: http://www.domzo13.cz/dokumenty/vyuka/seminare/vliv_tepl_rezimu_a1.pdf
15. CITACE PRO. *Generátor citací* [online]. 2013 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/info>
16. *Porovnání svařování TIG a svařování plazmou*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. Ladislav Daněk, CSc.

17. ČSN EN ISO 15613. *Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů - Kvalifikace na základě předvýrobní zkoušky svařování*. Český normalizační institut, 2005.
18. ČSN EN ISO 15614-1. *Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů - Zkouška postupu svařování - Část 1: Obloukové a plamenové svařování ocelí a obloukové svařování niklu a slitin niklu*. Český normalizační institut, 2018.
19. *Kvalifikace postupu svařování*. Brno, 2015.
20. *Tungsten Inert Gas (TIG) Welding -Process, applications, advantages and disadvantages* [online]. 2015 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://www.zoombd24.com/tungsten-inert-gas-tigwelding/>
21. *Tungsten Inert Gas (TIG) or Gas Tungsten Arc Wlding (GTAW)* [online]. [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <http://marinenotes.blogspot.it/2013/01/tig-welding-gtaw-welding-arc-welding.html>
22. CHUDÍK, Ivan. *Výběr ochranných plynů pro obloukové svařování* [online]. 2008 [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/vyber-ochrannych-plynu-pro-obloukove-svarovani/>
23. *Nové barevné značení tlakových lahví* [online]. LINDE TECHNOPLYN [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: http://www.svarbazar.cz/phprs/storage/barevne_lahve.pdf
24. *Tig Wire* [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/tig-wire-12956126897.html>
25. *BÖHLER NIBAS 70/20 -IG* [online]. Germany, 2014 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: http://www.alruqee.com/Userfiles/Product/TablePdf/08112015000000B_Boehler%20NIBAS%2070%2020-IG_tr.pdf
26. ČSN EN 1011-3. *Svařování - Doporučení pro svařování kovových materiálů - Část 3: Obloukové svařování antikorozních ocelí*. Český normalizační institut, 2002.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBLŮ

Označení	Legenda	Jednotka
A	Tažnost	[%]
AC	Střídavý proud	[A]
Ar	Argon	[-]
A ₁	Překrystalizační teplota	[°C]
A ₃	Překrystalizační teplota austenitu	[°C]
C	Uhlík	[-]
CeO ₂	Oxid ceričitý	[-]
Co	Kobalt	[-]
Co-Cr	Chrom-kobalt	[-]
Cr	Chrom	[-]
CrNi	Chrom-nikl	[-]
DC	Stejnoseměrný proud	[I]
D _{Cef}	Koeficient difúze uhlíku	[cm ² .s ⁻¹]
F	Fluor	[-]
Fe	Železo	[-]
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding	[-]
H	Náchylnost praskání za horka	[-]
I	Svařovací proud	[A]
LaO ₂	Oxid lanthaničitý	[-]
La ₂ O ₃	Oxid lanthanitý	[-]
Mn	Mangan	[-]
Mo	Molybden	[-]
N	Dusík	[-]
Ni	Nikl	[-]
NDT	Nedestruktivní testování	[-]
P	Fosfor	[-]
PA	Svařovací poloha vodorovná shora	[-]
pWPS	Předběžný postup svařování	[-]
Q _s	Specifické vnesené teplo	[kJ.mm ⁻¹]
R _e	Mez kluzu	[MPa]
R _m	Mez pevnosti	[MPa]
R _{p0,2}	Mez kluzu	[MPa]
S	Síra	[-]
Si	Křemík	[-]
TOO	Tepelně ovlivněná oblast	[-]
T _p	Teplota přehřevu	[°C]

t	Tloušťka plechu	[mm]
ThO ₂	Oxid thoričitý	[-]
U	Svařovací napětí	[V]
v	Svařovací rychlost	[mm.s ⁻¹]
W	Wolfram	[-]
WIG	Wolfram inert gas	[-]
WPQR	Kvalifikace postupu svařování	[-]
x	Šířka difuze uhlíku	[cm]
Y ₂ O ₃	Oxid yttritý	[-]
ZrO ₂	Oxid zirkoničitý	[-]
η	Účinnost	[%]
τ	Čas	[s]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Svařování netavící se elektrodou (GTAW) [20]	10
Obr. 2 Schéma svařování GTAW [21]	10
Obr. 3 Vzorek svařované součásti	11
Obr. 4 Detail svařované součásti	11
Obr. 5 Základní sestava zařízení pro svařování WIG stejnosměrným proudem [1]	12
Obr. 6 Schéma svařovacího hořáku [1]	13
Obr. 7 Plynné sítko [1]	14
Obr. 8 Závislost průtoku argonu na svařovacím proudu [1]	14
Obr. 9 Velikost vrcholového úhlu elektrod pro rozdílné zdroje [1]	15
Obr. 10 Vliv excentricity [1]	16
Obr. 11 Vliv úhlu broušení na hloubku závaru [1]	16
Obr. 12 Tvar svaru při použití čistého argonu [22]	16
Obr. 13 Označování láhví dle ČSN EN 1089-3. Zleva: argon, helium, argon/vodík [23]	17
Obr. 14 Přídavný materiál ve formě drátů [24]	17
Obr. 15 Teplotní účinky svařování na strukturu svarového spoje [1]	18
Obr. 16 Vliv teploty interpass na mechanické vlastnosti kovu [14]	19
Obr. 17 Schaefflerův diagram [1]	22
Obr. 18 Zkušební kus pro tupý spoj na trubce [18]	24
Obr. 19 Umístění zkušebních vzorků pro tupý spoj na trubce [18]	25
Obr. 20 Mikrostruktura oceli X15CrNiSi20-25 [11]	27
Obr. 21 Mikrostruktura Stellite 6 [12]	27
Obr. 22 Rozměry obrobených kusů	28
Obr. 23 Penetrační zkouška svaru	30
Obr. 24 Průběh tvrdosti svarovým spojem [19]	31
Obr. 25 Detail svarového kovu [19]	32
Obr. 26 Návrh povlakování součásti	33
Obr. 27 Finální výrobek Thermowell	34

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Přehled vyráběných wolframových elektrod [1].....	15
Tab. 2 Chemické složení (hm. %) a fyzikální vlastnosti STELLITE 6 [10].....	20
Tab. 3 Chemické složení chromniklové oceli X15CrNiSi20-25 (v hm. %) [11].....	22
Tab. 4 Požadavky na zkušební vzorek [18].....	24
Tab. 5 Konkrétní chemické složení (hm. %) oceli X15CrNiSi20-25 [19].....	26
Tab. 6 Mechanické vlastnosti oceli X15CrNiSi20-25 [19].....	26
Tab. 7 Chemické složení slitiny Stellite 6 (hm. %) [19].....	27
Tab. 8 Mechanické vlastnosti slitiny Stellite 6 při pokojové teplotě [10].....	27
Tab. 9 Chemické složení [%] a mechanické vlastnosti [MPa] slitiny NiCr20Mn3Nb [19]....	28
Tab. 10 Parametry svařování vzorku č. 1 [19].....	29
Tab. 11 Parametry svařování vzorku č. 2 [19].....	29
Tab. 12 Výsledek nedestruktivních zkoušek obou vzorků [19].....	30
Tab. 13 Typy zkoušek tvrdosti [13]	31
Tab. 14 Průběh tvrdosti HV 10 [19].....	31
Tab. 15 Tvrdosti základních a přídatného materiálu	32
Tab. 16 Makrostruktura svarového spoje [19]	32

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1

WPQR [19]

REPORT OF A WELDING PROCEDURE QUALIFICATION TEST

Supervision of test welding

Page 1 of 2

Manufacturer's Welding Procedure Insp. Authority: TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG
 pWPS-No.: 15EB017 WPQR-No.: 15EB017 Revision: 0
 Manufacturer: Seiko Flowcontrol, spol. s r.o. File No.: 615061/01
 Address: Blatnice pod Svatým Antonínkem 866, 696 71 Blatnice pod Svatým Antonínkem, CZ

DETAILS OF WELDING

Date of welding:	16.10.2015	Location:	Blatnice pod Svatým Antonínkem
Identification of test piece:	15EB017-1; 15EB017-2	Welder's name:	Kučerák Samuel (S28)
Welding process:	141 (TIG) - manual welding, according to EN ISO 4063	Welding position:	PA (rotated) according to EN ISO 6947
Base material designation 1	WNR 1.4841 (heat: 9062) WG 8.2 acc. to CEN ISO/TR 15608:2013	Base material designation 2	Stellite alloy 6B (heat: 1810-4-1098)
Parent Metal Thickness 1	5 mm	Parent Metal Thickness 2	5 mm
Pipe Outside Diameter 1	35 mm (finish from bar)	Pipe Outside Diameter 2	35 mm (finish from bar)

GROOVE PREPARATION

Joint Type: BW - single V, full penetration, ml, backing	Included angle:	75°
Face: 0,5 [mm]	Gap:	1,5 [mm]

WELDING PARAMETER

Bead no. / run	Process	Size of Filler Metal [mm]	Current [A]	Voltage [V]	Type of current / Polarity	Wire feed [m/min]	Travel speed [cm/min]	Heat input [KJ/cm]	Interpass temp. [°C]
see Encl. 1	141	1,6/2,4	133,4	9,4 - 14,1	DC/-	--	7,1 - 10,5	4,6 - 8,8	≤400

Standard designation of filler metal	141: S Ni 6082 (NiCr20Mn3Nb) acc. to EN ISO 18274
Trade name / Manufacturer / datasheet no.	141: NIBAS 70/20 / Böhler / 04327.04
Any Special Baking or Drying	--
Standard designation of welding flux	--
Trade name / Manufacturer	--
Shielding gas / flow rate	- Shielding gas: I1 acc. to EN ISO 14175 11 [l/min]
Backing gas / flow rate	- Backing gas: -- [l/min]
Tungsten Electrode Type / Size	WCe 20 / ø3,2 mm acc. to EN ISO 6848
Details of Back Gouging / Backing:	N.A. / see Enclosure 1
Preheat Temperature	Min 300 °C / Interpass: max. 400 °C acc. to EN ISO 13916
POST WELD HEAT TREATMENT	Without. After welding wrap to the wool and slowly cool down.
Time, Temperature, Method	--
Heating and Cooling Rates*	--

The test pieces were welded in the presence of:



Notified body (0045)
for Pressure Equipment

Všetička

Brno, 25.11.2015

TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG,
Große Bahnstraße 31, D-22525 Hamburg

1	PRÜFBERICHT ÜBER EINE
2	VERFAHRENSPRÜFUNG
3	Überwachung der Probeschweißung
4	Seite 1 von 2
5	Hersteller - Schweißanweisung
6	Prüfstelle
7	WPQS Nr.
8	WPQR Nr.
9	Hersteller
10	Akte Nr.
11	Anschritt
12	PRÜFDETAILS
13	Datum der Probeschweißung
14	Ort
15	Prüfstückkennzeichnung
16	Name des Schweißers
17	Schweißprozess
18	Schweißposition
19	Grundwerkstoff 1/2
20	Prüfstückdicke 1/2
21	Aussendurchmesser 1/2
22	FUGENVORBEREITUNG
23	Nahart
24	Öffnungswinkel
25	Steghöhe
26	Stegabstand
27	EINZELHEITEN FÜR DAS SCHWEISSEN
28	Schweißdraht / Schweißlage
29	Prozess
30	Durchmesser des Schweißzusatzes
31	Strom (A)
32	Spannung (V)
33	Stromart / Polung
34	Drahtvorschub / Schweißgeschwindigkeit
35	Wärmeeinbringung"
36	Zwischenagertemperatur
37	Normbezeichnung Zusatzwerkstoff
38	Bezeichnung / Hersteller (Kennblatt-Nr.
39	Sondenvorschriften für Trocknung
40	Schweißpulver Normbezeichnung
41	Bezeichnung / Hersteller
42	Schutzgasart / Durchflussmenge
43	Wurzelschutz / Durchflussmenge
44	Vorflamelektrode, Art / Durchmesser
45	Vorwärmung über Ausfugen / Badsicherung
46	Wärmeparameter
47	WÄRMENACHBEHANDLUNG
48	Zeit, Temperatur, Verfahren
49	Erwärmungs- und Abkühlungsrate"
50	Die Prüfstücke wurden geschweißt in
51	Anwesenheit von
52	Name und Unterschrift
53	Prüfstelle
54	Ort
55	Datum

- 1 REPORT OF A WELDING PROCEDURE
- 2 QUALIFICATION TEST
- 3 Supervision of test welding
- 4 Page 1 of 2
- 5 Manufacturer's Welding Procedure
- 6 Inspecting Authority
- 7 pWPS No.
- 8 WPAR No.
- 9 Manufacturer
- 10 File No.
- 11 Address
- 12 DETAILS OF WELDING
- 13 Date of welding
- 14 Location
- 15 Identification of test piece
- 16 Welders's name
- 17 Welding process
- 18 Welding position
- 19 Base material designation 1/2
- 20 Parent Metal Thickness 1/2
- 21 Pipe Outside Diameter 1/2
- 22 GROOVE PREPARATION
- 23 Joint Type
- 24 Included angle
- 25 Face
- 26 Gap
- 27 WELDING PARAMETER
- 28 Bead no. / run
- 29 Process
- 30 Size of Filler Metal
- 31 Current
- 32 Voltage
- 33 Type of current / Polarity
- 34 Wire Feed / Travel Speed*
- Heat Input*
- Interpass temperature
- Standard designation of filler metal
- Trade name / Manufacturer / datasheet no.
- Any Special Baking or Drying
- Standard designation of welding flux
- Trade name / Manufacturer
- Shielding gas / flow rate
- Backing gas / flow rate
- Tungsten Electrode Type / Size
- Details of Back Gouging / Backing:
- Preheat Temperature
- POST WELD HEAT TREATMENT
- Time, Temperature, Method
- Heating and Cooling Rates*
- The test pieces were welded in the presence of
- Name and Signature
- Inspecting Authority
- Location
- Date

- 1 RAPPORT DE QUALIFICATION DE UN MODE
- 2 OPERATOIRE DE SOUDAGE
- 3 Surveillance du soudage d'épreuve
- 4 Page 1 de 2
- 5 Descriptif d'un mode opératoire de soudage
- 6 Organisme de contrôle
- 7 pDQMS N°:
- 8 PV QMOS N°
- 9 Fabricateur
- 10 Dossier N°
- 11 Adresse
- 12 DETAILS DE SOUDAGE
- 13 Date de soudage
- 14 Lieu
- 15 Identification de spécimen
- 16 Nom du soudeur:
- 17 Procédé de soudage
- 18 Position du soudage
- 19 Spécification du matériel de base 1/2
- 20 Epaisseur des matériaux 1/2
- 21 Diamètres extérieurs 1/2
- 22 PREPARATION DE FACE
- 23 Type de joint
- 24 Angle d'ouverture
- 25 Hauteur du talon
- 26 Ecartement à la racine
- 27 PARAMETRES DE SOUDAGE
- 28 Cordon de soudure / N° de passe
- 29 Procédé
- 30 Diamètre du métal d'apport
- 31 Intensité
- 32 Tension
- 33 Type de courant / Polarité
- 34 Vitesse de déroulement du fil / Vitesse d'avance*
- 35 Energie de soudage*
- 36 Température entre passes:
- 37 Norme de Métal d'apport
- 38 Marque / fabricant / encartage technique
- 39 Précautions de séchage ou d'étauage
- 40 Norme de flux pulvérisant:
- 41 Marque / fabricant
- 42 Gaz de protection / débit gazeux
- 43 gaz de purge / débit gazeux
- 44 Electrode au tungstène type / dimension:
- 45 Détails sur la reprise à l'envers
- 46 Température de préchauffage
- 47 TRAITEMENT THERMIQUE APRES SOUDAGE
- 48 Durée température, méthode
- 49 Vitesse de chauffage et de Refroidissement*
- 50 Le coupon témoin ci-dessus a été soudé en présence de
- 51 Nom et signature
- 52 Organisme de Contrôle
- 53 Lieu
- 54 Date

*) si nécessaire

REPORT OF A WELDING PROCEDURE QUALIFICATION TEST

Results of examinations

Page 2 of 2

Manufacturer's Welding Procedure Insp. Authority: TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG
 pWPS-No.: 15EB017 WPQR-No.: 15EB017 Revision: 0
 Manufacturer: Seiko Flowcontrol, spol. s r.o. File No.: 615061/01
 Address: Blatnice pod Svatým Antonínkem 866, 696 71 Blatnice pod Svatým Antonínkem, CZ

Visual examination: e Radiographic examination*): --
 Dye Penetrant examination: e Ultrasonic examination*): --

TENSILE TESTS --

Pos. / No.	Temp. [°C]	$R_e/R_{p0.2/1.0}$ [N/mm ²]	R_m [N/mm ²]	A %	Z %	Fracture Location ¹⁾	Remarks
Requirement	--	--	--	--	--	--	--
Not required	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--

BEND TESTS -- Former diameter: --

Pos. / No.	Type	Bend angle	Elongation*	Result
Requirement	--	--	--	--
Not required	--	--	--	--
--	--	--	--	--
--	--	--	--	--
--	--	--	--	--

MACRO- / MICRO EXAM.: e/-- Picture doc. Encl. no.: 3

IMPACT TESTS*) -- Type: -----

Pos. / Des.	Notch location	Temperature [°C]	Values	Average	Remarks / type of fracture ¹⁾
			K1 K2 K3		
Requirement	--	--	--	--	--
Not required	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--

HARDNESS TESTS*) (EN ISO 6507-1, EN ISO 9015-1) Picture doc. Enclosure no.: 3

Type / Load	HV 10	Requirement	Final pass	Middle	Root	
max. values:	Base material:	--	--	--	--	See Enclosure no.: 3
	HAZ:	--	--	--	460	(Laboratory test no.: 1308/2015)
	Weld material:	--	--	--	--	

OTHER TESTS: --

REMARKS: --

Test carried out in accordance with the requirements of:

EN ISO 15613, EN ISO 15614.

Laboratory report no.: 1308/2015

Test results were acceptable.



Notified body (0045)
for Pressure Equipment

Všetická

Brno, 25.11.2015

TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG,
Große Bahnstraße 31, D-22525 Hamburg

*) If required
 e: acceptable ne: Not acceptable
¹⁾ G: Base material / Ü: Transition zone / S: weld
²⁾ V: ductile fracture / M: mixed fracture / T: brittle fracture / N: no fracture

Deutsch

- 1 PRÜFERICHT ÜBER EINE VERFAHRENSPRÜFUNG
Ergebnisse der Untersuchungen
- 2 Seite 2 von 2
- 3 Hersteller - Schweißanweisung
- 4 Prüfstelle
- 4 pWPS Nr.
WPQR Nr.
- 5 Hersteller
- 6 Akte Nr.
- 6 Anschrift
- 7 Sichtprüfung
- 8 Durchstrahlungsprüfung
Farbindring/Magnetpulverprüfung
Ultraschallprüfung
- 9 ZUGVERSUCHE
- 10 Position / Bezeichnung
Bruchlage
Temperatur
Bemerkungen
- 11 Anforderung
- 12 BIEGEVERSUCHE
Biegedom Durchmesser
- 13 Position / Bezeichnung
Art
Biegewinkel
Dehnung
Ergebnis
- 14 Anforderung
- 15 Makro- / Mikroprüfung*
- 16 KERBSCHLAGBIEGEVERSUCHE
- 17 Position / Bezeichnung
Kerblage
Temperatur
Werte
Mittelwert
- 18 Bemerkungen / Bruchaussehen
- 19 HÄRTEPRÜFUNG
- 20 Art/Last
HV 10
Anforderung
Decklage
Mitte
Wurzel
- 21 Max. Werte
Grundwerkstoff
- 22 Wärmeinflusszone
- 23 Schweißgut
- 24 SONSTIGE PRÜFUNGEN
- 25 BEMERKUNGEN
- 26 Die Prüfungen wurden ausgeführt in
Übereinstimmung mit den Anforderungen von
Laborbericht Nr.
- 28 Die Prüfergebnisse sind zufriedenstellend / nicht
zufriedenstellend (Nicht zutreffendes streichen)
- 29 Name und Unterschrift
Prüfstelle
- 30 Ort
Datum

*) falls erforderlich

English

- 1 REPORT OF A WELDING PROCEDURE
QUALIFICATION TEST
Results of examinations
- 2 Page 2 of 2
- 3 Manufacturer's Welding Procedure
Inspecting Authority
- 4 pWPS No.
WPQR No.
- 5 Manufacturer
File No.
- 6 Address
- 7 Visual examination
Radiographic examination
Penetrant / Magnetic Particle Test
Ultrasonic Examination
- 9 TENSILE TESTS
- 10 Pos. / designation
Fracture location
Temperature
Remarks
- 11 Requirements
- 12 BEND TESTS
Former Diameter
- 13 Pos. / designation
Type
Bend angle
Elongation
Result
- 14 Requirements
- 15 Macro / Micro Examination
- 16 IMPACT TESTS
- 17 Pos. / designation
Notch Location
Temperature
Values
Average
- 18 Remarks / type of fracture
- 19 HARDNESS TESTS Location of Measurements
- 20 Type / load
HV 10
Requirement
Final pass
Middle
Root
- 21 Max. values
Parent Metal
- 22 H.A.Z.
- 23 Weld Metal
- 24 OTHER TEST
- 25 REMARKS
- 26 Test carried out in accordance with the
requirements of
Laboratory Report Reference N°:
- 28 Test results were acceptable / not acceptable
(Delete as appropriate)
- 29 Name and Signature
Inspecting Authority
- 30 Location
Date

*) if required

Français

- 1 RAPPORT DE QUALIFICATION DE UN MODE
OPÉRATOIRE DE SOUDAGE
Résultats des essais
- 2 Page 1 de 2
- 3 Descriptif d'un mode opératoire de soudage
Organisme de contrôle
- 4 pDOMS N°:
PV QMOS N°
- 5 Fabricateur
Dossier N°
- 6 Adresse
- 7 Examen visuel
Examen radiographie
Ressuage / Magnétoscopie
Ultrasons
- 9 ESSAIS DE TRACTION
- 10 Position / désignation
Position de la cassure
Température
Remarques
- 11 Exigence
- 12 ESSAIS DE PLIAGE
Diamètre du mandrin
- 13 Position / désignation
Type
Angle de pliage
Allongement
Résultat
- 14 Position / désignation
- 15 Examen macro / microscopique
- 16 ESSAIS DE RÉSILIENCE
- 17 Position / désignation
Emplacement de l'entaille
Température
Valeurs
Moyenne
- 18 Remarques
- 19 Position / désignation
- 19 ESSAI DE DURETÉ Localisation des mesures
- 20 Type / Charge
HV 10
Exigence
Passe finale
Centre soudage
Passe de fond
- 21 Max. valeurs
Métal de base
- 22 Z.A.T.
- 23 Métal déposé
- 24 AUTRES ESSAIS
- 25 REMARQUES
- 26 Les essais ont été effectués en conformité avec
les exigences de
N° de référence du rapport du laboratoire
- 28 Les résultats des essais sont acceptables / non
acceptables (Rayer la mention inutile)
- 29 Nom et signature
Organisme de Contrôle
- 30 Lieu
Date

*) si nécessaire



	PRELIMINARY WELDING PROCEDURE SPECIFICATION PŘEDBĚŽNÁ SPECIFIKACE POSTUPU SVAŘOVÁNÍ nach / acc. / dle EN ISO 15609-1	pWPS No.: 15E3057
		Datum: 16/10/2015
		Page: 2 / 2

Schweißung / welding / svaření Vorwärmtemperatur / preheat temperature / teplota předehřevu <div style="text-align: center; font-size: 1.5em;">300°C</div>	Zwischenlagentemperatur / interpass temperature / mezhousenková teplota <div style="text-align: center; font-size: 1.5em;">400°C</div>
---	---

Schweißparameter / welding parameters / parametry svařování									
weld pass houseska	filler metal přídavný materiál	Ø filler ø příd mat (mm)	Process metoda	current proud (A)	voltage napětí (V)	elec. Polarity druh proudu / polarita	Wire feed Rychlost podávání drátu (mm/min)	Travel speed rychlost svařování (mm/min)	Heat input Vnesené teplo (kJ/mm)
R	H18MS 490-16	1/16 ÷ 1/8	141	90 ÷ 140	8 ÷ 12	=/-	—	3 ÷ 6	
F	↓	↓		110 ÷ 160	8 ÷ 14	=/-	—	4 ÷ 10	
C	↓	↓		110 ÷ 160	8 ÷ 14	=/-	—	4 ÷ 10	

Wärmebehandlung (WBH) / post weld heat treatment (PWHT) / tepelné zpracování (TZ)			
Aufheizgeschw. / heating rate / rychlost ohřevu:	Glühtemperatur / tempering temp / teplota výdrže	Glühdauer / holding time / doba výdrže	Abkühlgeschw. / cooling rate / rychlost ochlazování
—	—	—	—



Bemerkungen / remarks / poznámka <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;"> AFTER WELDING WRAP TO THE WOOL AND SLOWLY COOL DOWN. </div>
--

Besonderheiten / particulars / specifika <div style="text-align: right;">  Anlage 1 zu Prüf-Nr. 615061/01 Blatt 2 von 3 </div>												
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;"> Erstellt issued vypracoval <div style="text-align: center;">  18.10.2015 </div> </td> <td style="width: 33%;"> geprüft checked kontroloval <div style="text-align: center;">  18.10.2015 </div> </td> <td style="width: 33%;"> Abnahmeorganisation inspection Agency přijímací organizace <div style="text-align: center;">  18.10.2015 </div> </td> </tr> <tr> <td>Datum Date</td><td>Datum Date</td><td>Datum Date</td></tr> <tr> <td>Unterschrift sign</td><td>Unterschrift sign</td><td>Unterschrift sign</td></tr> <tr> <td>datum podpis</td><td>datum podpis</td><td>datum podpis</td></tr> </table>	Erstellt issued vypracoval <div style="text-align: center;">  18.10.2015 </div>	geprüft checked kontroloval <div style="text-align: center;">  18.10.2015 </div>	Abnahmeorganisation inspection Agency přijímací organizace <div style="text-align: center;">  18.10.2015 </div>	Datum Date	Datum Date	Datum Date	Unterschrift sign	Unterschrift sign	Unterschrift sign	datum podpis	datum podpis	datum podpis
Erstellt issued vypracoval <div style="text-align: center;">  18.10.2015 </div>	geprüft checked kontroloval <div style="text-align: center;">  18.10.2015 </div>	Abnahmeorganisation inspection Agency přijímací organizace <div style="text-align: center;">  18.10.2015 </div>										
Datum Date	Datum Date	Datum Date										
Unterschrift sign	Unterschrift sign	Unterschrift sign										
datum podpis	datum podpis	datum podpis										

Procedure Qualification Record

(acc. to EN ISO 15613)

test piece Nr.:		15EB017 , 2 pieces (-1,-2)									
date of qualification:		16. Oct 2015									
made in:		SEIKO Flowcontrol spol.s r.o. Blatnice, Czech Republic									
welder:		KUČERA Samuel, 528									
process:		141 / GTAW									
type of weld:		BW									
preparing of weld ends:		machining, grinding									
material group(s):		8.2 / n.a. (STELLITE 6) ; acc. to CEN ISO/TR 15608									
base material:		ø35x5 mm, 1.4841, ch. 9062									
welding position:		ø35x5 mm, STELLITE 6, ch.: 1810-4-1098									
filler metal:		PA-rotated									
shielding gas: (141)		A: BÖHLER NIBAS 70/20-IG, ø 1,6mm, ch: 101492, EN ISO 18274: 5 Ni 6082 (NiCr20Mn3Nb)									
backing gas: (141)		B: BÖHLER NIBAS 70/20-IG, ø 2,4mm, ch: 102113, EN ISO 18274: 5 Ni 6082 (NiCr20Mn3Nb)									
weld deposit (mm):		Argon 4.6 (99,996%), DIN EN ISO 14175 - I1									
PWHT:		-									
tungsten electrode:		2.5 WCe20, EN ISO 6848									
pWPS:		15EB017									
weld parameters:											
run	process	filler material	preheating / interpass [°C]	current [A]	voltage [V]	type current / polarity	shielding / backing gas [l/min]	length of welding bead [mm]	welding speed [cm/min]	heat input [kJ/cm] ¹⁾	joint design
15EB017-1											
1	141	A	325 / -	133,4	9,4 - 13,1	DC / -	10,9 / -	81	9,2	4,9 - 6,9	
2	141	B	- / 338	133,4	9,6 - 13,4	DC / -	11,1 / -	94	7,9	5,8 - 8,1	
3	141	B	- / 386	133,4	10,8 - 13,8	DC / -	11,1 / -	100	10,5	4,9 - 6,3	
4	141	B	- / 371	133,4	11,0 - 14,1	DC / -	11,1 / -	106	9,5	5,6 - 7,1	
5	141	B	- / 388	133,4	11,3 - 13,9	DC / -	11,1 / -	113	9,4	5,8 - 7,1	
6	141	A	- / 374	133,4	10,9 - 13,7	DC / -	11,1 / -	116	9,0	5,8 - 7,3	
15EB017-2											
1	141	A	304 / -	133,4	9,2 - 12,6	DC / -	11,1 / -	84	9,5	4,6 - 6,4	
2	141	B	- / 353	133,4	9,2 - 13,1	DC / -	11,1 / -	97	7,1	6,2 - 8,8	
3	141	B	- / 354	133,4	9,8 - 13,8	DC / -	11,1 / -	102	9,6	4,8 - 6,9	
4	141	B	- / 372	133,4	11,1 - 13,8	DC / -	11,1 / -	106	9,7	5,5 - 6,9	
5	141	B	- / 389	133,4	11,1 - 13,4	DC / -	11,1 / -	113	10,4	5,1 - 6,2	
6	141	A	- / 400	133,4	10,9 - 14,1	DC / -	11,1 / -	116	9,3	5,7 - 7,3	
notice:											
after welding seams were wrapped to the wool and slowly cooled down											
1) calculation of heat input acc. to EN 1011-1											

required non destructive examination acc. to EN ISO 15613 <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">VT + PT</div>				
required mechanical testing: acc. to EN ISO 15613				
macrostructure test (magnification 5x): 1x hardness test HV10 : 1x				
 <div style="margin-top: 20px;"> Anlage <u>1</u> zu Prüf-Nr. <u>G15061/01</u> Blatt <u>3</u> von <u>3</u> </div>				
after mechanical testing send back rest of material to SEIKO Flowcontrol				
date	rev.	prepared 	approved	released
23. Oct. 2015	A	Stanec		

ASME
"S"
Stampholder

EAC



DOCUMENTATION / DOKUMENTATION

Doc No.: 1959111515EB017/01-FD

5.2.1 VT-Report / VT-Prüfprotokoll

Customer: Auftraggeber:	SEIKO Flowcontrol	Order no: Auftrag Nr.:	15EB017
Cust.order no: Bestellnummer:		Project: Projekt:	WPQR
System No.: System Nr.:		Reference No.: Referenz-Nr.:	
Serial-no.: Fab-Nr.:	15EB017-1, 15EB017-2		
Drawing no: Zeichnungs Nr.:	15EB017 Rev.	Customer-drawing no: Kunden-Zeichnungs Nr.:	---
Object: Benennung:	WPQR	Model type / Modeltype	

Base material / Grundwerkstoff:	1.4841, STELLITE 6
Scope of testing / Prüfumfang:	100%
Test temperature / Prüftemperatur:	Room temperature / raumtemperatur
Surface condition / Oberflächenzustand:	---

VT	Visual Examination / Visuelle Prüfung NDT-Specification / Prüfvorschrift - NDT-Procedure / Prüfanweisung					
<input checked="" type="checkbox"/> PA01 - EN13480 (EN ISO 17637, EN ISO 5817)						
<input checked="" type="checkbox"/> EN ISO 5817, quality class B EN ISO 5817, Bewertungsgruppe: B <input type="checkbox"/> EN ISO 5817, quality class C EN ISO 5817, Bewertungsgruppe: C <input type="checkbox"/> EN ISO 5817, quality class D EN ISO 5817, Bewertungsgruppe: D						
illumination / Beleuchtung:	> 500 LX			Test-Apparatus / Prüfgerät:	Taschenlampe / Torch	
Value / Kontrollwert:				Auxiliary / Prüfhilfsmittel:		
Seam No. / Schweißnaht Nr.	15EB017-1	15EB017-2				
Joint design / Nahtform:	BW	BW				
Welder / Schweißer:	S28	S28				
Post weld heat treatment / Wärmebehandlung:	---	---	---	---	---	---
Observed Indications / Unregelmäßigkeiten:						
Satisfactory / Entspricht:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Not satisfactory / Entspricht nicht:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Seam No. / Schweißnaht Nr.						
Joint design / Nahtform:						
Welder / Schweißer:						
Post weld heat treatment / Wärmebehandlung:	---	---	---	---	---	---
Observed Indications / Unregelmäßigkeiten:						
Satisfactory / Entspricht:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Not satisfactory / Entspricht nicht:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Remarks / Bemerkung:						
Date / Datum:	22.Oct.2015	Date / Datum:	22 Oct 15	Accept. representative of the manufacturer abnahmebeauftragter des Herstellers /		
Examiner / Prüfe:	Zbyněk Salak / SQ6	Acceptance / Beurteiler:				
Level / Stufe:	02	Level / Stufe:				

TUV NORD

5.2.2 PT-Report / PT- Prüfprotokoll

Customer: Auftraggeber:	SEIKO Flowcontrol	Order no: Auftrag Nr.:	15EB017
Cust.order no: Bestellnummer:		Project: Projekt:	WPQR
System No.: System Nr.:		Reference No.: Referenz-Nr.:	
Serial-no.: Fab-Nr.:	15EB017-1, 15EB017-2		
Drawing no: Zeichnungs Nr.:	15EB017 Rev.	Customer-drawing no: Kunden-Zeichnungs Nr.:	---
Object: Benennung:	WPQR	Model type / Modeltype	
Base material / Grundwerkstoff:	1.4841, STELLITE 6		
Scope of testing / Prüfumfang:	100%		
Test temperature / Prüftemperatur:	Room temperature / raumtemperatur		
Surface condition / Oberflächenzustand:	---		
PT	Liquid Penetrant Examination / Eindringprüfung		
	NDT-Specification / Prüfvorschrift - NDT-Procedure / Prüfanweisung		
	<input checked="" type="checkbox"/> PA02 - EN 13480 (EN ISO 3452-1, EN ISO 23277)		
<input checked="" type="checkbox"/> EN ISO 5817, quality class B EN ISO 5817, Bewertungsgruppe: B	<input type="checkbox"/> EN ISO 5817, quality class C EN ISO 5817, Bewertungsgruppe: C	<input type="checkbox"/> EN ISO 5817, quality class D EN ISO 5817, Bewertungsgruppe: D	
<input checked="" type="checkbox"/> EN ISO 23277, allowable limit: 1 EN ISO 23277, Zulässigkeitsgrenze: 1	<input type="checkbox"/> EN ISO 23277, allowable limit: 2 EN ISO 23277, Zulässigkeitsgrenze: 2	<input type="checkbox"/> EN ISO 23277, allowable limit: 3 EN ISO 23277, Zulässigkeitsgrenze: 3	
Sign of testing system / Prüfsystem Kurzzeichen:	BBB (DIN EN ISO 3452-2) II-E-d (EN571-1)	Cleaning: Zwischenreinigung:	Water, Cleaner Wasser, Reiniger
Examination means / Prüfmittel:	Diffutherm	Drying / Trocknung:	Air / Luft
Penetrant / Eindringmittel:	BDR	Developer / Entwickler:	BEA
Penetration time / Eindringdauer:	min. 10 min.	Developing time / Entwicklungszeit:	min. 10 min. / max. 30 min.
Cleaner / Zwischenreiniger:	BRE2	Post cleaning / Nachreiniger:	Water / Wasser
Seam No. / Schweißnaht Nr.	15EB017-1	15EB017-2	
Joint design / Nahtform	BW	BW	
Welder / Schweißer	S28	S28	
Post weld heat treatment / Wärmebehandlung	---	---	---
Penetrant lot no. / Chargenr. d. Eindringmittels	2116	2116	
Developer lot no. / Chargenr. d. Entwickler	2317	2317	
Observed Indications / Unregelmäßigkeiten			
Satisfactory / Entspricht	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Not satisfactory / Entspricht nicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Seam No. / Schweißnaht Nr.			
Joint design / Nahtform			
Welder / Schweißer			
Post weld heat treatment / Wärmebehandlung	---	---	---
Heat from Penetrant / Chargenr. d. Eindringmittels			
Heat from Developer / Chargenr. d. Entwickler			
Observed Indications / Unregelmäßigkeiten			
Satisfactory / Entspricht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Not satisfactory / Entspricht nicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Remarks / Bemerkung			
Date / Datum: Examiner / Prüfer: Level / Stufe:	22. Oct. 2015 Zbynek-Salák / SQ6 02	Date / Datum: Acceptance / Beurteiler: Level / Stufe:	22. Oct. 2015 Accept. representative of the manufacturer/ abnahmebeauftragter des Herstellers

TÜV NORD



TUV NORD
Czech

L 1060

TUV NORD Czech, s.r.o.
Laboratoře a zkušebny
Zkušební laboratoř č. 1060 akreditovaná ČIA
podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005
Olomoucká 7/9
656 66 BRNO

Datum:	11.11.2015	Strana:	1/6
Datum:	11.11.2015	Seite:	1/6
Date:	11.11.2015	Page:	1/6
Protokol č.:	1308/2015	Počet výtisků:	3
Protokol-Nr.:	1308/2015	Anzahl d. Exempl.:	3
Report No.:	1308/2015	Copies:	3

PROTOKOL O ZKOUŠCE Prüfprotokoll / Test Report

Vzorek dodán dne: Probe eingeliefert am: The sample arrived on:	03.11.2015	Datum ukončení zkoušky: Datum der Beendigung der Prüfung: Date of ending of the test:	11.11.2015
Zákazník: Kunde: Customer:	SEIKO Flowcontrol, spol. s r.o., 696 71 Blatnice pod Svatým Antonínkem, č.p. 866		
Vzorek: Probe: Sample:	Zkušební vzorek / test piece: 15EB017; metoda svařování / welding method: 141 / GTAW; trubka / tube: Ø 35 x 5,5 mm; materiál / material: 1.4841 (charge / tavba: 9062); trubka / tube: Ø 35 x 12,5 mm; materiál / material: STELLITE 6; (charge / tavba: 1810-4-1098); návar / weld deposit: t = 5,5 mm, GTAW; přídavný materiál / filler material: GTAW: NIBAS 70/20-IG, AWS 5.14: ERNiCr-3; pozice / position: PA rotační / rotated; svařeč / welder: S28		
Zkušební metoda / druh zkoušení: Prüfverfahren / Prüfungsart: Test method / Type of testing:	LPP 14 – Metalografické zkoušky svarových spojů / Metallographic tests of weld joints (ČSN EN ISO 5817, ČSN EN ISO 15614-1) LPP 21 – Zkouška tvrdosti dle Vickerse / Vickers hardness test (ČSN EN ISO 6507-1, ČSN EN ISO 9015-1, ČSN EN ISO 15614-1 článek / article 7.4.6)		

Předpisy a specifikace, které nejsou
předmětem akreditace:

Vorschriften u. Spezifikationen, die der Gegenstand
des Sachgebietes der Akkreditierung nicht sind:
Regulations and specifications, which are not
subject to accreditation:

Hrušková
Mgr. Veronika Hrušková
Zástupce vedoucí Laboratoří a zkušeben
Leiterstellvertretender des Prüflabors
Assistant of head of Testing laboratories
Tel.: +420 545 110 125



TUV NORD

Anlage 3 zu Prüf-Nr. 615061/01
Blatt 1 von 7

Prohlášení – Erklärung - Statement:

1. Výsledky zkoušek uvedených v tomto protokolu se týkají pouze zkoušených předmětů.

Die in diesem Protokoll aufgeführten Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände.
Test results mentioned in this report refer to the tested specimens only.

2. Bez písemného souhlasu zkušební laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak, než celý.

Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Protokolls ist ohne schriftliche Genehmigung der Prüfstelle nicht gestattet.
The report shall not be reproduced without the prior written permission of the testing laboratory.

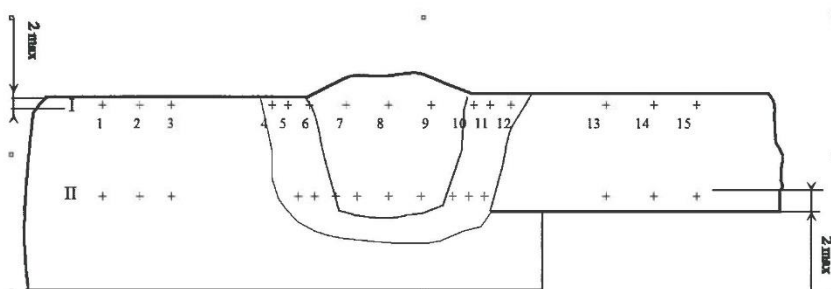
T:\Protokoly 2015\1308 SEIKO.docx Bites.doc
Rev. 1_05.2007

Makrostruktura / Makrogefüge / Macrostructure
ČSN EN ISO 5817 (ČSN EN ISO 15614-1)

Č. Nr. No.	Název vady Fehlerart Defect designation	Pořadové číslo podle ČSN EN ISO 6520-1 Ordnungs-Nr. nach ČSN EN ISO 6520-1 Serial Number acc. to ČSN EN ISO 6520-1	Vzorek / Probe / sample 1 obr.č. / Bild Nr. / fig No. 1		Vzorek / Probe / sample obr.č. / Bild Nr. / fig No.	
			Hodnoty – Werte – Values			
			Maximální Maximalwert (mm)	Naměřená Messwert (mm)	Maximální Maximalwert (mm)	Naměřená Messwert (mm)
1	POVRCHOVÉ VADY SURFACE DEFECTS OBERFLÄCHENFEHLER					
1.1	Trhlina Riss Crack	100	-	0,0	-	-
1.3	Povrchový pór Oberflächenpore Surface pore	2017	-	0,0	-	-
1.5	Studený spoj Bindefehler Lack of fusion	401	-	0,0	-	-
	Mikroskopický studený spoj Mikrobindefehler Microscopic lack of fusion		-	-	-	-
1.6	Neprovařený kořen Ungenügender Wurzeleinbrand Incomplete root penetration	4021	-	0,0	-	-
1.7	Souvislý zápal Durchlaufende Continuous undercut	5011	-	0,0	-	-
	Nesouvislé zápaly Nicht durchlaufende Einbrandkerbe Intermittent undercut	5012				
1.8	Vruby v kořeni Wurzelkerbe Shrinkage groove	5013	-	-	-	-
1.9	Nadměrné převýšení tupého svaru Zu grosse Nahtüberhöhung Excess weld metal	502	3,2	1,9	-	-
1.10	Nadměrné převýšení koutového svaru Zu grosse Nahtüberhöhung Excessive convexity	503	-	-	-	-
1.11	Nadměrné převýšení kořene Zu grosse Wurzelüberhöhung Excessive penetration	504	-	-	-	-
1.12	Štírný přechod svaru Schröffer Nahtübergang incorrect weld toe	- tupé svary Stumpfnah jam weld	505	≥ 150° 150° 165°	-	-
		- koutové svary Kehlnaht fillet weld	505	-	-	-

Průběh tvrdosti HV 10 / Härteverlauf HV 10 / Hardness course HV 10

ČSN EN ISO 6507-1, ČSN EN ISO 9015-1, ČSN EN ISO 15614-1 článek / article 7.4.6



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	442	450	446	421	390	360	254	233	223	189	170	168	183	180	181
II	450	446	448	460	433	429	339	297	287	185	191	197	172	171	172

Zástupce vedoucího Mechanické zkušebny: Ing. Lukáš Cének
Assistant of head of Mechanical testing laboratory
Tel.: +420 545 110 131

Cenek

Příloha – fotodokumentace
Annex – Photographs



Obr. 1
Fig. 1
Vz. 1
Sample 1
5,0 : 1
80/20CrNi

TUV NORD

Anlage 3 zu Prüf-Nr. 015061/01
Blatt 7 von 7

C15080465-140784 Kennametal
eingelangt am 01-06-2015

SEIKO reg no:
T162 / SQ2

Beleg-Nr.: 3
Seite: 1/2



SEIKO
Zur Schleuse 5

A-2000 Stockerau
AUSTRIA

Ihr Zeichen

Ihr Schreiben vom

Unser Zeichen
SJ/mn

Datum
08/05/2015

ABNAHMEPRÜFZEUGNIS / INSPECTION CERTIFICATE
gemäß / according to DIN EN 10204/3.1

No.: 128510 Rev01
Seite / Page 1 / 2

Kunden-Auftragsnummer: <i>Customer order no.:</i>	C15080465-140784		
Unsere Auftragsnummer: <i>Our order no.:</i>	22947679 Pos. 10 (BE4511040)	vom/dt.	16.04.2015
Beschreibung <i>Description:</i>	STANGE geschmiedet/ <i>BAR forging</i>		
Ident-Nr.: <i>Ident-No.:</i>	-		
Zeichnung-Nr.: <i>Drawing-No.:</i>	Ø 34,9mm		
Werkstoff: <i>Material:</i>	STELLITE® alloy 6B		
Anforderungen: <i>Requirements:</i>	-		
Menge: <i>Quantity:</i>	4,037 kg		
Kennzeichnung: <i>Ident marks:</i>	-		
Charge: <i>Batch No.:</i>	1810-4-1098		

KENNAMETAL STELLITE GmbH			Werksachverständiger / <i>Works Inspector</i>		
Dr. Hofmann	M. Jeuk	S. Josephs	B. Royer	J. Stermsek	

C15080465-140784 Kennametal
eingelangt am 01-06-2015

SEIKO reg no:
T162 / SQ2

Beleg-Nr.:.....3...
Seite:.....2/2



ABNAHMEPRÜFZEUGNIS / INSPECTION CERTIFICATE
gemäß / according to DIN EN 10204/3.1


No.: 128510 Rev01
Seite / Page 2 / 2

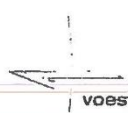
HÄRTEPRÜFUNG nach / HARDNESS TEST / acc. To DIN EN ISO 6508-1 (Rockwell C)	
Härte: Hardness:	Ergebnis / Result: Teil Nr. / Piece no. 36 HRC

CHEM. ANALYSE (Massen %) / CHEM. ANALYSIS (Wt. %):	ERSCHMELZUNGSART: Elektro .E' / MELTING PROCESS: Electro .E'
---	---

Chargen Nr. Batch no.	C	Cr	Si	W	Fe	Co	Ni	Mn	Mo	P	S
1810-4-1098	0,99	29,47	0,59	3,55	1,27	Rest/Bal.	2,76	1,21	1,35	<0,01	<0,002

KENNAMETAL STELLITE GmbH				Werksachverständiger / Works Inspector	
Dr. Hofmann	M. Jeuk	S. Josephs	B. Royer	J. Sternsek	

 UGINE SAVOIE IMPHY GROUPE LISNOR		4 N. Nr. 47396 11 N. de commande UGINE-Wechselzahlnummer: Works order number FUGE FUG2 1/1 1W951000 A	
FRANCE UGINE F 73433 UGINE CEREX Tél: 04.78.89.30.30 Fax: 04.78.89.30.51		ABNAHMEPRUEFZEUGNIS B CERTIFICAT DE RECEPTION 3.1.B INSPECTION CERTIFICATE B EN 10204 / 3.1.B	
6 4841 STABSTAHL RUND TOL.13 GEWALZT ENTZUNDERT			
9 FLEISCHMANN GES.M.B.H.		10 V007499.0/HP	
11 UGINE 4841 VON 02/76		12 SEW 470 WNR 1.4841	
13 ABGESCHRECKT UND GERICHTET		14 534 KG	
15 1W951 000 009062		16 8 RUND	
17 45,000		18 534 KG	
19 270		20 310	
21 570		22 56	
23 163		24 223	
25 009062		26 0,03	
27 2,1		28 1,5	
29 20,5		30 24,4	
31 0,001		32 0,023	
33 4841 STABSTAHL RUND TOL.13 GEWALZT ENTZUNDERT GEGLUEHT			
34 26-04-00		35 C. Bioteau	



voestalpine Böhler Welding

Beleg-Nr.: 3.1.

Seite: 1/1

voestalpine Böhler Welding Germany GmbH

Unionstr. 1 | D-59067 Hamm
Postfach 2251 | D-59015 Hamm
www.voestalpine.com/welding

Boehler Uddeholm CZ s.r.o.

Evropska 423/178
16100 PRAHA 6-Vokovice
Tschechische R.

Abnahmeprüfzeugnis 3.1

Inspection certificate 3.1

nach / as per : EN 10204

Nr. No. : 2014-2081000252-900001-023

Rev. 0

Seite / Page : 1 / 1

Bestell-Nr.	PO no.	4502159709	vom / of 15.09.2014
Auftrags-Nr.	Order no.	1081000176	
Lieferschein/Pos./Splitt	Delivery note/pos./splitt	2081000252/000010/900001	vom / of 22.09.2014
Produkt	Product	WIG-Stab/-Draht / GTAW rod/wire	350009
Handelsname	Trade name	BOEHLER NIBAS 70/20-IG	87453
Normbezeichnung	Standard designation	EN ISO 18274: S Ni 6082 (NiCr20Mn3Nb)	1N80820W
		AWS A5.14: ERNiCr-3	0015
Abmessung	Dimension	1,6 x 1000 mm	
Charge	Heat no.	101492	
Liefermenge	Quantity	60,0 KG	

Chemische Analyse in % des Walzdrahtes

Chemical composition in % of the hot rolled wire

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Ti	Nb	Fe				
< 0,01	< 0,1	3,1	0,002	0,001	20,7	72,6	< 0,1	0,3	2,5	0,6				

Mechanische Gütewerte

Mechanical properties

Zugversuch		Tensile test					
T	ReL / Rp 0,2 MPa	Rp 1,0 MPa	Rm MPa	A (Lo = 5d) %	Z %	WBH PWHT	Bemerkung Remarks
20°C	≥ 400		≥ 620	≥ 35			
Kerbschlagbiegeversuch		Impact test					
T	Kerbschlagarbeit Impact energy KV / J	Mittelwert Average KV / J	Laterale Breitung Lateral expansion mm	Duktiler Bruchanteil Shear fracture %		WBH PWHT	Bemerkung Remarks
-196°C	≥ 32						
20°C	≥ 150						

Ort / Town
Hamm

Datum / Date
23.09.2014

Dieses Zeugnis wurde maschinell erstellt und gilt auch ohne Unterschrift.
This certificate was issued by DP-equipment and does not require signature.

Abnahmebeauftragter / Authorized representative
Stein

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

voestalpine Böhler Welding

voestalpine Böhler Welding Germany GmbH

Unionstr. 1 | D-59067 Hamm
Postfach 2551 | D-59015 Hamm
www.voestalpine.com/welding

Boehler Uddeholm CZ s.r.o.

Evropska 423/178
16000 PRAHA 6-Vokovice
Tschechische R.

Abnahmeprüfzeugnis 3.1

Inspection certificate 3.1

nach / as per : EN 10204

Nr. No. : 2016-2081004066-900003-023

Rev. 0

Seite / Page : 1 / 1

Bestell-Nr.	PO no.	4502355106	vom / of 11.01.2016
Auftrags-Nr.	Order no.	1081001971	
Lieferschein/Pos./Splitt	Delivery note/pos./splitt	2081004066/000030/9000003	vom / of 18.01.2016
Produkt	Product	WIG-Stab/-Draht / GTAW rod/wire	250009
Handelsname	Trade name	BOEHLER NIBAS 70/20-IG	80454
Normbezeichnung	Standard designation	EN ISO 18274: S Ni 6082 (NiCr20Mn3Nb)	1N10820W
		AWS A5.14: ERNiCr-3	0015
Abmessung	Dimension	2,4 x 1000 mm	
Charge	Heat no.	102113	
Liefermenge	Quantity	20,0 KG	

Chemische Analyse in % des Walzdrahtes

Chemical composition in % of the hot rolled wire

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Ti	Nb	Fe				
0,02	< 0,1	3,2	0,002	0,001	20,6	73,1	< 0,1	0,3	2,4	0,2				

Mechanische Gütewerte

Mechanical properties

EN 10204 - 2.2

Zugversuch		Tensile test					
T	ReL / Rp 0,2 MPa	Rp 1,0 MPa	Rm MPa	A (Lo = 5d) %	Z %	WBH PWHT	Bemerkung Remarks
20°C	≥ 400	≥ 430	≥ 620	≥ 35			
Kerbschlagbiegeversuch		Impact test					
T	Kerbschlagarbeit Impact energy KV / J	Mittelwert Average KV / J	Laterale Breitung Lateral expansion mm	Duktiler Bruchanteil Shear fracture %		WBH PWHT	Bemerkung Remarks
20°C	≥ 150						

Ort / Town
HammDatum / Date
19.01.2016Dieses Zeugnis wurde maschinell erstellt und gilt auch ohne Unterschrift.
This certificate was issued by DP-equipment and does not require signature.Abnahmebeauftragter / Authorized representative
Stein

voestalpine

ONE STEP AHEAD